



PLAN DE MEJORA DE LA LOGÍSTICA DE APROVISIONAMIENTO DE UNA MINI FÁBRICA DE JOHN DEERE

Autor: Ángel Sanz Fernández

AGRADECIMIENTOS

No puedo dejar pasar la oportunidad, de agradecer el apoyo y la comprensión de aquellas personas que han estado a mi lado en el transcurso de mis estudios universitarios.

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis padres, cuyo apoyo ha sido indispensable para la superación de este objetivo. A mi madre, cuyos consejos hicieron que me decantaré finalmente por esta carrera. A mi padre, que con resignación veía que otro de sus hijos se dedicaba al mundo de las ciencias.

En segundo lugar, a mis amigos de toda la vida. Que han sabido reconocer mi esfuerzo y apoyarme en esos días que debía quedarme en casa.

A mis amigos de la universidad, que han hecho que el duro camino que supone esta carrera, resulte mucho más liviano.

A mis tutores y compañeros de John Deere, que me han enseñado a aplicar los conocimientos adquiridos en mis estudios, en un entorno laboral inmejorable.

Y por último, a mi tutor de la universidad, Bernardo Prida. Cuyas correcciones y consejos me han guiado en la elaboración de este proyecto.

RESUMEN DEL PROYECTO

El propósito de este proyecto, se basa en la minimización del despilfarro que ocasionan los tiempos improductivos, el inventario y los movimientos de material, en el proceso de aprovisionamiento de la línea de montaje de la caja de transmisión Prodrive, ubicada en la mini fábrica de cajas pesadas de John Deere Ibérica, apoyándonos en la filosofía de gestión Lean Manufacturing.

La incorporación de nuevos modelos de caja de transmisión a la producción de las líneas de montaje, ha saturado las líneas de stock, impuesto por el sistema de aprovisionamiento Kanban que rige el proceso de aprovisionamiento. La dificultad para ubicar el material en las líneas de montaje, ha llevado a adoptar soluciones que generan ineficiencias en el proceso de aprovisionamiento, que inciden a su vez en la productividad y flexibilidad de la línea de montaje.

Partiendo de un exhaustivo estudio logístico de la línea de montaje, realizaremos un profundo análisis que permita determinar el alcance de la incidencia, para estipular las medidas correctivas necesarias que permitan resolver el problema.

Este proyecto, cuestionará la validez del sistema kanban de aprovisionamiento en determinadas situaciones, con el objetivo de replantear la política de stock de la mini fábrica, eliminando el exceso existente y liberar espacio en las líneas de montaje.

El espacio liberado, cuya escasez supone el origen del problema, será utilizado para eliminar aquellas operaciones que introducen ineficiencias en el proceso de aprovisionamiento, haciendo lo más sencillo y eficiente, y reduciendo su incidencia en la productividad de la línea.

Por otro lado, se planteará una nueva distribución del material en la mini fábrica, según los requerimientos de la producción, con el objetivo de minimizar la distancia del material al punto de consumo.

Finalmente, sentaremos las bases de un nuevo modelo de gestión de la logística interna, para evitar que el problema vuelva a ocurrir y que facilite la incorporación de nuevos productos a las líneas de montaje.

ÍNDICE

Capítulo I: INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
2. METODOLOGÍA	4
2.1 PLANIFICAR (PLAN)	4
2.2 HACER (DO)	5
2.3 CHEQUEAR (CHECK)	5
2.4 ACTUAR (ACT)	6
2.5 VOLVER AL PASO 1	6
3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	6
Capítulo II: PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA JOHN DEERE IBÉRICA.....	9
1. HISTORIA	10
2. JOHN DEERE IBÉRICA EN LA ACTUALIDAD	12
3. PRODUCTOS DE JOHN DEERE IBÉRICA	13
4. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	16
5. DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA	18
5.1 LOGÍSTICA EXTERNA.....	19
5.2 LOGÍSTICA INTERNA	19
Capítulo III: DESCRIPCIÓN DE LA MINI FÁBRICA DE CAJAS PESADAS.....	21
1. UBICACIÓN DE LA MINI FÁBRICA.....	22
2. PRODUCTOS FINALES DE LA MINI FÁBRICA	23
3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS	24
4. LÍNEA DE MONTAJE PRODRIVE.....	26

Capítulo IV: MARCO TEÓRICO	29
1. LEAN MANUFACTURING	30
1.1 ORIGEN DE LA FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING	30
1.2 PRINCIPIOS CLAVE	31
1.2.1 MINIMIZACIÓN DEL DESPILFARRO	32
1.2.2 PROCESOS “PULL”: SISTEMA KANBAN.....	33
1.2.3 FLEXIBILIDAD	34
Capítulo V: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO ACTUAL	35
1. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO	36
1.1 MRP	37
1.1.1 PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE JOHN DEERE IBÉRICA	39
1.2 SISTEMA KANBAN DE APROVISIONAMIENTO	41
1.2.1 PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE LAS MINI FÁBRICAS.....	41
1.2.1.1 TREN LOGÍSTICO	44
1.2.2 STOCK MÍNIMO NECESARIO DE CADA LÍNEA	47
1.2.3 CÁLCULO DEL NÚMERO DE TARJETAS KANBAN.....	49
2. PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE MONTAJE.....	50
2.1 FACTORES CLAVE EN EL PROCESO	50
2.1.1 TIPOS DE EMBALAJE	50
2.1.1.1 EMBALAJES MANIPULABLES MANUALMENTE	51
2.1.1.2 EMBALAJES DE MANIPULACIÓN MECÁNICA	53
2.1.1.3 EMBALAJES DE MANIPULACIÓN MIXTA	57
2.1.2 TIPOS DE UBICACIÓN EN LA LÍNEA DE MONTAJE.....	58
2.1.3 MEDIOS DISPONIBLES.....	61
2.1.3.1 PERSONAL	61
2.1.3.2 MEDIOS MECÁNICOS.....	62
2.2 PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE MONTAJE.....	62
2.2.1 PROCESO DE REPOSICIÓN DIRECTA.....	63
2.2.2 PROCESO DE REPOSICIÓN INDIRECTA.....	64
2.2.2.1 REPOSICIÓN DEL RIP DESDE LA ESTACIÓN DEL TREN.....	65
2.2.2.2 REPOSICIÓN DE LA LÍNEA DESDE EL RIP.....	65

2.2.3	APROVISIONAMIENTO DE REFERENCIAS DE E&E.....	68
2.3	SET UP DE LA LÍNEA POR CAMBIO DE MODELO	69
Capítulo VI: ANÁLISIS DEL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO ACTUAL		71
1.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE MONTAJE.....	72
1.1	INCIDENCIA SOBRE EL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO	72
1.2	INCIDENCIA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD	73
1.3	INCIDENCIA SOBRE LA FLEXIBILIDAD DE LA LÍNEA	75
2.	ESTUDIO LOGÍSTICO DE LA LÍNEA	76
3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA.....	81
3.1	ANÁLISIS DE STOCK	81
3.2	ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS	86
3.2.1	MOVIMIENTOS REALIZADOS POR EL OPERARIO DE LOGÍSTICA	87
3.2.2	MOVIMIENTOS REALIZADOS POR EL OPERARIO DE LA LÍNEA DE MONTAJE.....	89
3.3	ANÁLISIS DE TIEMPO IMPRODUCTIVO	92
3.4	ANÁLISIS DE COSTE.....	93
3.5	ANÁLISIS DE DISTANCIA.....	93
4.	CONCLUSIONES DE NUESTRO ANÁLISIS.....	96
Capítulo VII: PROPUESTAS DE ACTUACIÓN Y RESULTADOS ESPERADOS.....		97
1.	REDUCCIÓN DE STOCK EN LA MINI FÁBRICA	98
1.1	NIVELES DE STOCK.....	98
1.2	RETIRADA DEL STOCK DE MODELOS DE REPUESTOS	99
1.3	REDUCCIÓN DE EMBALAJE DE REFERENCIAS DE BAJO VOLUMEN.....	100
1.3.1	NUEVO EMBALAJE: MEDIA BANDEJA	102
1.4	RESULTADOS ESPERADOS	103
2.	REDISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL DE LA LÍNEA	104
2.1	ELIMINAR REPOSICIÓN INDIRECTA DE REFERENCIAS DE ESTANTERÍA DINÁMICA	105
2.1.1	CÁLCULO DE UBICACIONES NECESARIAS	105
2.1.2	INCREMENTO DEL NÚMERO DE TARJETAS	106
2.2	ELIMINAR UBICACIONES COMPARTIDAS	108
2.3	DIMINUCIÓN DE LA DISTANCIA DEL MATERIAL AL PUNTO DE CONSUMO.....	109

2.4	RESULTADOS ESPERADOS	112
3.	REDISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL DEL RIP	114
Capítulo VIII: PLAN DE IMPLANTACIÓN		116
1.	IMPLANTACIÓN DE LAS PROPUESTAS	117
1.1	ASIGNACIÓN DE FUNCIONES INTERDEPARTAMENTALES.....	117
1.1.1	DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	117
1.1.2	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN	118
1.1.3	DEPARTAMENTO DE COMPRAS TÁCTICAS	118
1.2	IMPLANTACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS EN LAS LÍNEAS	119
2.	SISTEMAS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	121
3.	ANÁLISIS DE NECESIDADES Y COSTES DE IMPLANTACIÓN.....	123
1.1	ANÁLISIS DE NECESIDADES	123
1.2	ANÁLISIS DE COSTES-BENEFICIO	124
Capítulo IX: CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS.....		126
1.	CONCLUSIONES	127
2.	FUTUROS DESARROLLOS.....	128
BIBLIOGRAFÍA		131
ANEXO I: LA COMPAÑÍA JOHN DEERE.....		133
ANEXO II: EMBALAJES JOHN DEERE IBÉRICA.....		145

I

INTRODUCCIÓN

En el pasado, la producción de John Deere ibérica, como la de muchas empresas, se basaba en grandes volúmenes de una reducida variedad de productos. El aumento de las exigencias de sus clientes a supuesto un cambio estratégico y de mentalidad, que ha llevado en los últimos tiempos a la continua incorporación de nuevos productos que suponen un reto de adaptabilidad para sus procesos.

Durante mucho tiempo, los esfuerzos del departamento de Logística, en cuyas funciones está enmarcado este proyecto, estaban dirigidos a la gestión del aprovisionamiento externo de la fábrica, dejando en un segundo plano todos los procesos internos encargados del flujo de material desde que éste llega a la fábrica, hasta que es utilizado en las células y líneas de montaje. De este modo, la continua incorporación de nuevos productos y cambios en la producción, llevaron a la búsqueda de soluciones rápidas y poco elaboradas, que desembocarían en proceso de aprovisionamiento interno más complejo y menos eficiente.

En los últimos años, el departamento de logística ha dado un giro en su mentalidad con el objetivo de adaptarse a las nuevas tendencias, incorporando a su estrategia la filosofía de mejora de la eficiencia en manufactura, *Lean Manufacturing*. Esta nueva mentalidad basada en la minimización del despilfarro, la flexibilidad, la calidad perfecta, la mejora continua de procesos,...

ha llevado al departamento, a considerar la logística interna como un eslabón clave dentro de la cadena de suministro.

Ejemplo claro de ello, es la reciente implantación de nuevos proyectos de mejora del aprovisionamiento interno, como son:

- ✓ Proyecto de implantación del sistema *Kanban* de aprovisionamiento.
- ✓ Tren logístico de distribución interna de material.
- ✓ Implantación del sistema de gestión de la cadena de suministro *Warehouse Management*.

Por lo tanto, este proyecto supone un paso más en la mejora continua de los procesos de aprovisionamiento interno, actuando sobre su última fase, el aprovisionamiento de las Líneas de montaje. Además, finalmente veremos, que a su vez este proyecto supone un primer paso en el rediseño del futuro sistema de aprovisionamiento de las líneas de montaje de John Deere ibérica.

A lo largo de este capítulo introductorio, presentaremos los objetivos que perseguimos con este proyecto, la metodología que vamos a utilizar en su desarrollo y una breve descripción de su estructura que facilite su lectura y comprensión.

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo fundamental del proyecto es la eliminación de todo movimiento de material innecesario, así como la reducción de aquellos movimientos que sí resultan indispensables en el proceso de aprovisionamiento de las líneas de montaje de la mini Fábrica de Cajas Pesadas de John Deere ibérica. De esta manera, simplificaremos el proceso de aprovisionamiento, haciéndolo a su vez más eficiente.

El proyecto limita su ámbito de actuación a todos aquellos movimientos de material que se realizan actualmente, desde que el material llega al área de recepción de material de la mini fábrica, hasta que este es ubicado finalmente en la línea de montaje. Cabe destacar, que muchos de estos movimientos son realizados por los operarios de la línea de montaje, para los que el movimiento de material no se encuentra en su estándar de actuación, y por lo tanto, su realización afecta a la productividad de las líneas.

Además, la implantación de las propuestas que presentamos en este proyecto, nos lleva a plantear, ya sea por causa o efecto de la resolución del objetivo principal, otros objetivos secundarios, como son:

- ✓ Vincular el stock en fábrica a la planificación de la producción.
- ✓ Reducción de los tiempos de espera de las líneas de montaje.
- ✓ Aumento de la flexibilidad de las líneas de montaje.
- ✓ Mejora de la presencia del operario de línea en el puesto de trabajo.

Por lo tanto, la repercusión de este proyecto no se limita a los procesos internos del departamento de logística, sino que ahonda en los procesos interdepartamentales, generando una mentalidad de gestión de la producción integrada, de la que el departamento de logística permanecía al margen.

Por último, mencionar que la reducción de movimientos no debe ser el objetivo final del proyecto, sino el establecimiento de unas bases y procedimientos que no permitan la reaparición del problema.

2. METODOLOGÍA

Para afrontar este proyecto, nos apoyaremos en una técnica desarrollada por Shewart y Deming, para abordar proyectos de mejora sobre los procesos propios, *el ciclo PDCA*. Esta técnica es aplicable siempre que preparemos un proyecto concreto, muy especialmente en las actividades desarrolladas con técnicas participativas: diseño, análisis y solución de problemas, mantenimiento preventivo y Logística.

El método consiste en aplicar 4 pasos para asegurar alcanzar el objetivo definido. Estos 4 pasos, aseguran para el proyecto:

- ✓ *Plan*: organización lógica del trabajo.
- ✓ *Do*: correcta realización de las tareas necesarias y planificadas.
- ✓ *Check*: comprobación de los logros obtenidos.
- ✓ *Act*: posibilidad de aprovechar y extender aprendizajes y experiencias adquiridas a otros casos.

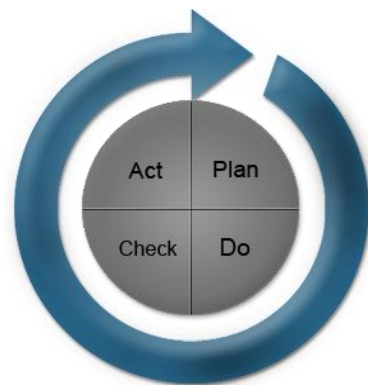


Figura 1.1.- Ciclo PDCA

2.1 PLANIFICAR (PLAN)

Primero se debe analizar y estudiar el proceso decidiendo qué cambios pueden mejorarlo y en qué forma se llevarán a cabo. Para lograrlo es conveniente trabajar en un subciclo de 5 pasos sucesivos:

- ✓ *Definir el/los objetivo/os*. Se deben fijar y clarificar los límites del proyecto: ¿Qué vamos a hacer? ¿Por qué lo vamos a hacer? ¿Qué queremos lograr? ¿Hasta dónde queremos llegar?

- ✓ *Recopilar la información.* Se debe investigar: ¿Quiénes están involucrados en el asunto? ¿Qué datos son necesarios? ¿Cómo los obtenemos? ¿Dónde los buscamos?
- ✓ *Análisis de la información.* Se deben ordenar y analizar los datos: ¿Qué pasa y por qué pasa? ¿Cuáles son los efectos y cuáles son las causas que los provocan? ¿Dónde se originan y por qué?
- ✓ *Propuestas de actuación y resultados esperados.* Se deben predecir los resultados frente a las posibles acciones: ¿Sabemos qué efectos provocarán determinados cambios?
- ✓ *Plan de implantación.* Se deben decidir, explicitar y planificar las acciones y los cambios a instrumentar: ¿Qué se hará? ¿Dónde se hará? ¿Quiénes lo harán? ¿Cuándo lo harán? ¿Con qué lo harán? ¿Cuánto costará?

Teniendo en cuenta que este proyecto no ha sido implantado aún, este documento sólo supone dar éste primer paso hacia el objetivo final. De este modo, estableceremos los 5 pasos anteriores como columna vertebral de nuestro proyecto.

2.2 HACER (DO)

A continuación se debe efectuar las acciones proyectadas según la decisión que se haya tomado y la planificación que se ha realizado.

2.3 CHEQUEAR (CHECK)

Una vez realizada la acción e instaurado el cambio, se debe verificar. Ello significa observar y medir los efectos producidos por el cambio realizado al proceso, sin olvidar de comparar las metas proyectadas con los resultados obtenidos chequeando si se ha logrado el objetivo del previsto.

2.4 ACTUAR (ACT)

Para terminar el ciclo se deben estudiar los resultados desde la óptica del rédito que nos deja el trabajo en nuestro "saber hacer" (*know-how*): ¿Qué aprendimos? ¿Dónde más podemos aplicarlo? ¿Cómo lo aplicaremos a gran escala? ¿De qué manera puede ser estandarizado? ¿Cómo mantendremos la mejora lograda? ¿Cómo lo extendemos a otros casos o áreas?

2.5 VOLVER AL PASO 1

Una vez estabilizado el proceso en la nueva condición lograda por una mejora concretada, proponer un nuevo ciclo PDCA para subir otro peldaño en la búsqueda del óptimo ideal.

La eficiencia de esta sencilla técnica, que sin darnos cuenta aplicamos "intuitivamente" cada vez que encaramos un proyecto personal o somos parte de un grupo que lo va a desarrollar, radica en el orden de su ejecución y en la completa realización de cada paso.

3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Como mencionamos en el apartado anterior, la estructura del proyecto está apoyada en los 5 pasos de la planificación de un proyecto del ciclo PDCA. De este modo, nuestro proyecto queda estructurado de la siguiente manera:

✓ CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los objetivos del proyecto, así como la metodología utilizada para su elaboración.

✓ CAPÍTULO II: PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA JOHN DEERE IBÉRICA

Breve presentación de la empresa John Deere ibérica, describiendo su historia, los productos que elabora, su estructura organizativa, y finalmente, una presentación del departamento de logística, área en el que se desarrolla este proyecto.

✓ **CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA MINI FÁBRICA DE CAJAS PESADAS.**

Una vez presentada la empresa, nos centraremos en la mini fábrica en la que centraremos nuestro proyecto, la mini fábrica de cajas pesadas. Detallaremos su ubicación dentro de la fábrica, sus productos, las actividades que desarrolla, para desembocar en una breve descripción de la línea Prodrive, en la que centraremos nuestro estudio.

✓ **CAPÍTULO IV: MARCO TEÓRICO**

En este capítulo, desarrollaremos la filosofía de gestión Lean Manufacturing, en cuyas bases se apoya este proyecto.

✓ **CAPÍTULO V: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO ACTUAL**

A partir de este capítulo, nos centraremos en el proceso de aprovisionamiento existente actualmente en John Deere ibérica. Detallaremos minuciosamente su funcionamiento, para obtener una visión clara y global del mismo, deteniéndonos en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro y explicando los sistemas sobre los que se sostienen.

✓ **CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

A partir de la descripción realizada en el capítulo anterior, realizaremos un profundo análisis, que determine aquellos procesos de aprovisionamiento ineficientes, así como sus causas y su incidencia sobre el proceso productivo.

Además, recopilaremos toda la información necesaria de la situación actual de la línea, en un estudio logístico.

✓ **CAPÍTULO VII: PROPUESTAS DE ACTUACIÓN Y RESULTADOS ESPERADOS**

En función de la problemática desvelada en el capítulo anterior, elaboraremos una serie de propuestas para solucionarla, y expondremos los resultados que se esperan de su implantación.

✓ **CAPÍTULO VIII: PLAN DE IMPLANTACIÓN**

Una vez expuestas nuestras propuestas, debemos establecer un plan para su implantación dentro de la empresa, un análisis de necesidades y otro de costes, que nos permita conocer su viabilidad.

✓ **CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS**

Por último, extraeremos las conclusiones de nuestro proyecto, y plantearemos nuevos proyectos para el futuro, nacidos del aprendizaje que supone la elaboración de este proyecto.

II

PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA JOHN DEERE IBÉRICA



*Figura 2.1: Logo actual de la
compañía John Deere*

A lo largo este capítulo se pretende dar una visión general de la empresa John Deere Ibérica, desde sus inicios hasta nuestros días. Se describirá en detalle la factoría que la compañía posee en Getafe, desde su historia hasta sus productos y estructura organizativa. Con toda seguridad, esto permitirá marcarnos el contexto necesario para llevar a cabo la descripción del proyecto.

1. HISTORIA

La historia de John Deere Ibérica, S.A. comienza en la segunda mitad de los 50, cuando Deere & Company inicia expansión en el continente europeo con la adquisición de la marca alemana Lanz.

Entre las instalaciones que Deere & Company adquirió, se encontraba la fábrica de tractores que Lanz Ibérica tenía situada en el madrileño municipio de Getafe. Dicha fábrica, en la que desde 1956 se producían los famosos tractores LANZ BULLDOG, se destinó a la producción de tractores para el mercado español y así, en 1963, salió de la cadena de montaje el primer tractor John Deere fabricado en España, una unidad modelo JD 505.

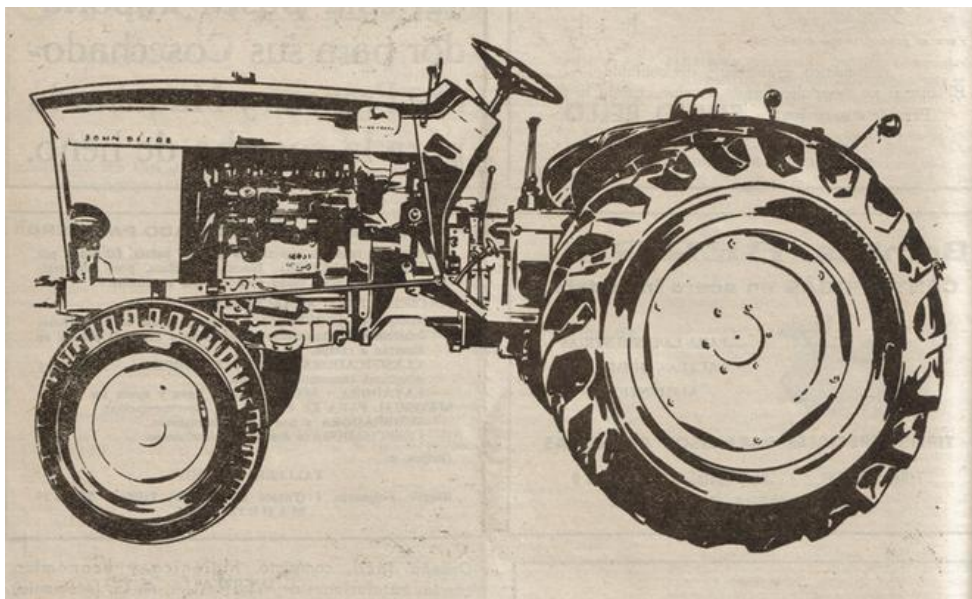


Figura 2.2: Modelo JD 505 (1963)

Con el paso de los años, la fábrica de Getafe fue produciendo las distintas series de tractores de John Deere: La Serie 10, la Serie 20 (1969), la Serie 30 (1973), la Serie 35 (1975), la Serie 40 (1980) y, finalmente, la Serie 50 (1987).

Los productos de la marca John Deere demostraron día a día su rendimiento y calidad en los campos de la agricultura española, y ya en el año 1972 encabezaba las listas del mercado de cosechadoras y empacadoras.

Dos años más tarde el liderazgo aumentaba, y John Deere encabezaba por primera vez el mercado de tractores de ruedas en España, posición de líder que se ha mantenido año tras año desde entonces.

En el año 1987 se diversifica la actividad de la fábrica y, además de tractores, se empiezan a producir componentes para las demás cadenas de montaje de Deere & Company.

Para aprovechar las oportunidades que brinda la apertura de mercados europeos, en el año 1992 se decide centralizar la producción de los tractores de la nueva Serie 6000 en la factoría de Mannheim (Alemania). De esta forma, dos años más tarde sale de la fábrica de Getafe el tractor nº 181.558, una unidad JD 2650 MA, último tractor que hasta hoy se ha producido en sus instalaciones. Desde ese momento la unidad de Getafe se especializa en la fabricación de componentes para el resto de las fábricas de Deere & Company en el mundo. Gracias a la excelente calidad de sus productos, la fábrica de Getafe ha adquirido una posición de especial importancia en el organigrama industrial de Deere & Company, y hoy en día miles de máquinas vendidas en todo el mundo llevan componentes salidos de sus líneas de producción.

En el año 1988 la actividad de la unidad comercial de John Deere Ibérica, S.A., se diversifica mediante la creación de la nueva división de Espacios Verdes. La responsabilidad de esta nueva división, en un principio destinada a comercializar productos para el cuidado de jardines, se amplía en el año 1992 cuando se introducen en España los productos John Deere para el cuidado de campos de golf.

Otro momento clave de la compañía en España fue la apertura del Centro de Formación de John Deere en Toledo en el año 1989. A él asisten más de 1.000 personas al año a los distintos programas de formación que se preparan tanto para empleados y concesionarios, como para clientes y estudiantes de escuelas agrarias.

En 1994 John Deere Ibérica, S.A., que hasta entonces operaba sólo en España, extiende su área de responsabilidad para productos agrícolas al territorio portugués. Desde entonces la penetración de John Deere en los distintos sectores del mercado portugués en los que participa, ha crecido continuamente

gracias al esfuerzo y dedicación de los profesionales que forman la red comercial de John Deere en Portugal.

2. JOHN DEERE IBÉRICA EN LA ACTUALIDAD

John Deere Ibérica es la filial de John Deere en España y Portugal, donde comercializa productos agrícolas y para el cuidado de espacios verdes y campos de golf. Su sede social se encuentra en Getafe (Madrid), donde la compañía dispone de una fábrica de componentes de maquinaria además del departamento Comercial.

John Deere Ibérica S.A. ocupa actualmente el primer puesto en la venta y fabricación de equipos de maquinaria agrícola en España. Su liderazgo se extiende también al mercado de tractores de ruedas, sector que ha encabezado ininterrumpidamente desde el año 1974.



Figura 2.3: Vista aérea de la fábrica John Deere Ibérica en Getafe.

La factoría española cuenta con modernas instalaciones para la fabricación de componentes de maquinaria agrícola, siendo el mayor suministrador de equipos en el mercado nacional. La totalidad de la producción tiene como destino otras factorías de la compañía en Alemania, Francia, EE.UU., Argentina, México y Brasil, lo que incluye a John Deere Ibérica, S.A. entre las 160 primeras empresas exportadoras de nuestro país.



Figura 2.4: Maquinaria de muestra a la entrada de la fábrica de Getafe.

La red comercial está formada por 71 Concesionarios y más de 163 puntos de servicio, en los que trabajan permanentemente más de 1.300 profesionales, que son formados en las instalaciones de la compañía para atender las necesidades nuestros clientes en cualquier punto de España y Portugal.

Las instalaciones de la factoría ocupan una superficie cubierta de 60.000 m² sobre un área total de 20 hectáreas de parcela. La fábrica, en la que trabajan cerca de 800 personas, está constituida por cuatro divisiones de producción especializada que incluyen diversos componentes y conjuntos de alta calidad.

Estas divisiones de producción están ubicadas en cuatro mini fábricas correspondientes y son: *Ejes y Engranajes*, *Cajas Ligeras de Transmisión*, *Cajas Pesadas de Transmisión* y *Mandos Finales*. Cada una de las mini fábricas se divide a su vez en varias células de fabricación (en el caso de mecanizado para *Ejes y Engranajes* y *Mandos Finales*) y montaje (para el caso de *Cajas Ligeras* y *Cajas Pesadas*).

3. PRODUCTOS DE JOHN DEERE IBÉRICA

En este apartado haremos un despliegue de cada tipo de producto que John Deere Ibérica fabrica en sus instalaciones: ejes y engranajes, Mandos finales y enganches tripulantes, cajas ligeras de transmisión y cajas pesadas de transmisión. Cada tipo de producto se fabrica en una nave especializada.

EJES Y ENGRANAJES

El área de producción de ejes y engranajes fabrica piezas vitales para las divisiones de cajas de transmisión y engranajes de distribución de los motores de John Deere que se producen en Dubuque y Waterloo (EEUU), Saran (Francia), Torreón (Méjico) y Rosario (Argentina).



Figura 2.5: Vista general de la mini fábrica de ejes y engranajes.

La materia prima son piezas de forja y aceros de alta calidad, y la clave de la fabricación de estos componentes se basa en una mecanización de precisión, minuciosidad en los procesos de tratamiento térmico y un control de calidad continuo y riguroso.



Figura 2.6: Ejes y engranajes mecanizados en John Deere Ibérica.

MANDOS FINALES Y ENGANCHES TRIPUNTALES

La producción especializada de mandos finales y enganches tripuntales para tractores de muy diversa potencia, está programada para atender la demanda de las factorías de tractores de Mannheim (Alemania), Augusta (EEUU), Saltillo (Méjico) y Horizontina (Brasil) para los enganches de tres puntos y de mandos finales para las fábricas de Harvester, Dubuque, Davenport y Des Moines (EEUU) y Zweibruecken (Alemania)



Figura 2.7: Mandos finales y enganches tripuntales producidos en John Deere Ibérica.

CAJAS PESADAS DE TRANSMISIÓN

Se denominan cajas pesadas de transmisión a aquellas cuyo peso excede los 100 kg. La factoría de Getafe produce una amplia variedad de cajas de transmisión y mandos finales para máquinas cosechadoras de cereales algodón y forraje, producidas en Harvester y Desmoins (EEUU), Zeibruecken (Alemania) y Brasil.



Figura 2.8: Cajas pesadas producidas en John Deere Ibérica

CAJAS LIGERAS DE TRANSMISIÓN

Se denominan cajas ligeras de transmisión a aquellas cuyo peso es inferior a los 100 kg. Las cajas ligeras de transmisión se montan en segadoras y tractores para espacios verdes, empacadoras, tractores agrícolas, maquinaria de siega y maquinaria de construcción.

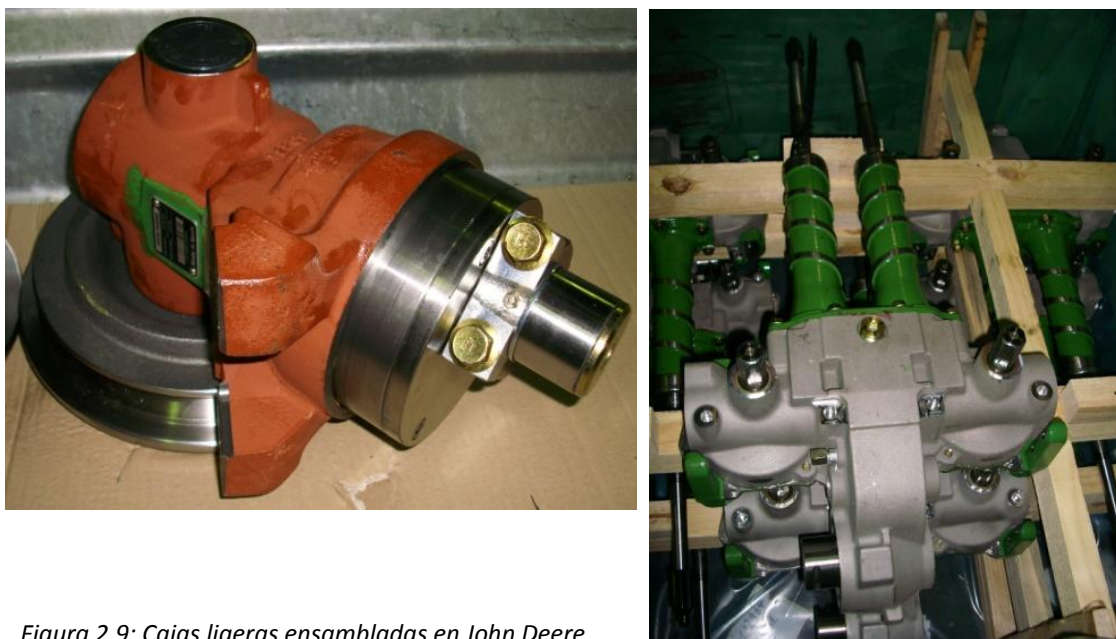


Figura 2.9: Cajas ligeras ensambladas en John Deere Ibérica.

4. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

La estructura organizativa de John Deere Ibérica fábrica se desarrolla en torno a nueve grandes áreas (marcadas en verde) que dependen directamente del Consejero Delegado de John Deere Ibérica (marcada en azul), tal y como muestra el gráfico siguiente:

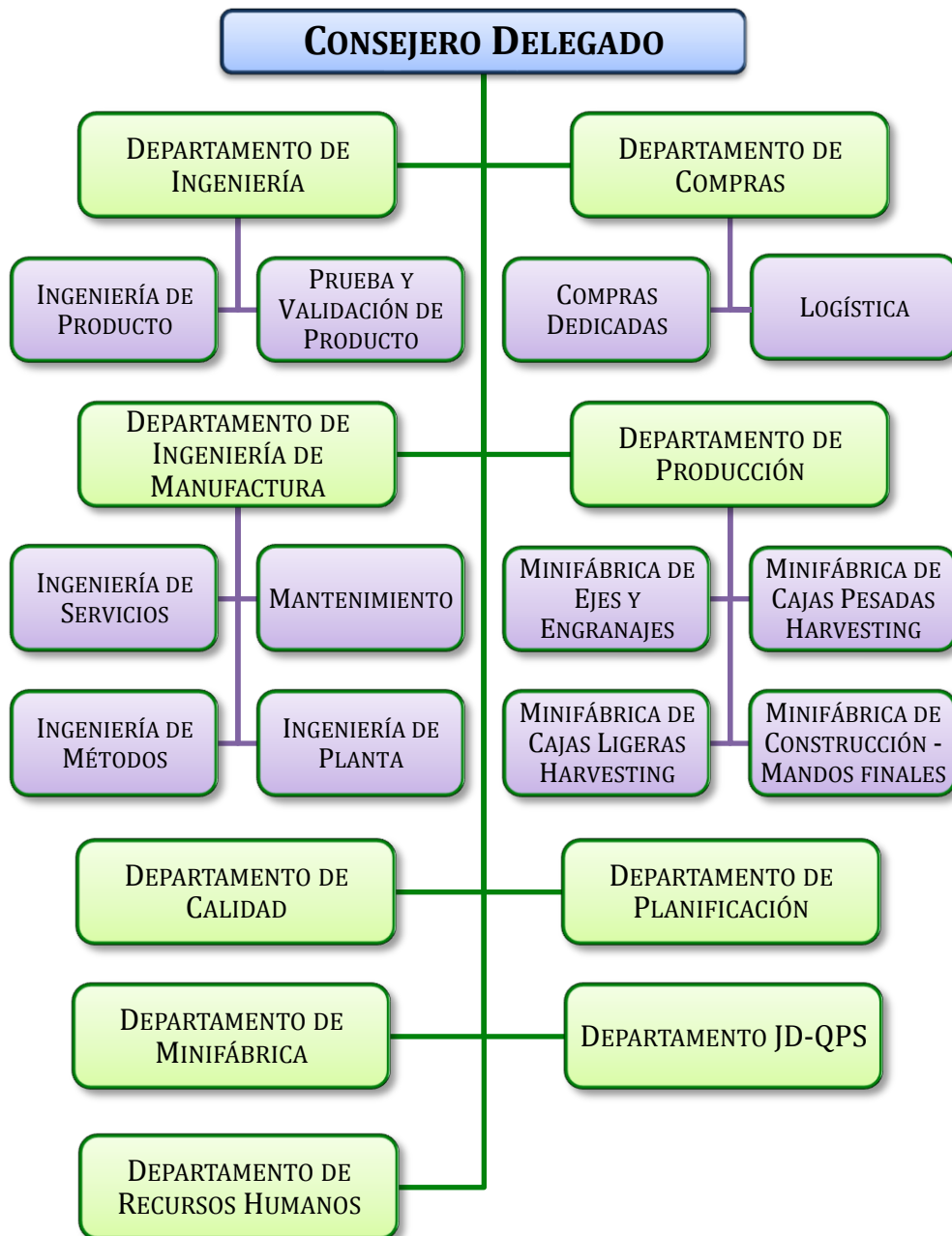


Figura 2.10: Diagrama de la estructura organizativa de John Deere Ibérica.

Podemos ubicar nuestro Proyecto fin de Carrera en el área de Logística, abarcando tareas pertenecientes a distintos departamentos, como son Ingeniería de Planta, Planificación y Compras, cuya intervención en el proyecto describiremos más adelante.

5. DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA

El departamento de logística es el encargado de planificar, ejecutar y controlar de forma eficiente, el flujo de materias primas, productos semielaborados y productos terminados, desde el punto de origen al de consumo, con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente.

John Deere ibérica, divide su departamento de logística en dos sub departamentos: logística externa y logística interna. En el siguiente gráfico podemos observar el ámbito de actuación de cada uno de ellos dentro de la cadena de suministro.

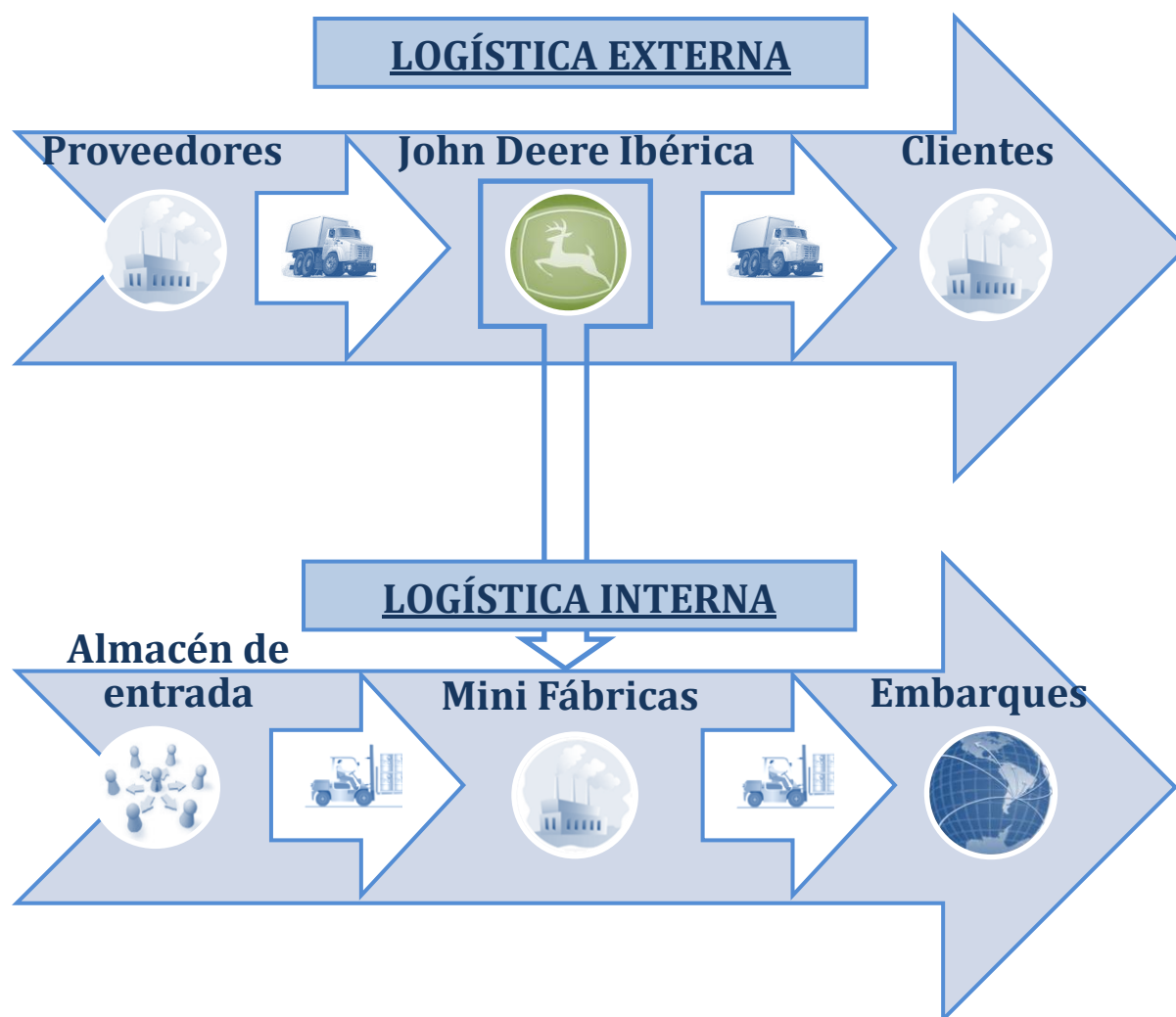


Figura 2.11: Ámbito de actuación de los departamentos de Logística Externa e Interna

5.1 LOGÍSTICA EXTERNA

El departamento de logística externa es el encargado de la gestión de los flujos de materiales de entrada y salida de la fábrica de John Deere, es decir, el transporte de materias primas y productos semielaborados procedentes de los proveedores y de los envíos de los productos terminados elaborados en la fábrica a clientes de todo el mundo.

Su principal objetivo, es la optimización de los transportes para el producto llegue a su destino en el momento adecuado y al mínimo coste.

5.2 LOGÍSTICA INTERNA

El departamento de logística interna se encarga de la gestión de los flujos de materiales desde que las materias primas o productos semielaborados entran en la fábrica, hasta que el producto terminado sale de la misma.

John Deere Ibérica tiene subcontratadas las operaciones de recepción y almacenamiento de material con un operador logístico, de modo que las funciones del departamento en estas operaciones, se limitan a mantener una línea de comunicación fluida con éste.

Entre las funciones del departamento de logística interna se encuentran:

- ✓ Gestión del flujo de material entre el operador logístico y las mini fábricas
- ✓ Gestión del flujo de material entre mini fábricas
- ✓ Gestión del aprovisionamiento de las líneas de montaje
- ✓ Gestión del stock en cada una de las Mini fábricas
- ✓ Ubicación del material dentro de la mini fabrica

Nuestro proyecto, se enmarca dentro de las funciones de este departamento, actuando sobre los procesos de aprovisionamiento de las líneas de montaje, dentro de la mini fabrica de cajas pesadas de John Deere Ibérica.

III

DESCRIPCIÓN DE LA MINI FÁBRICA DE CAJAS PESADAS

A lo largo de este capítulo haremos una descripción detallada de la mini fábrica de *Cajas Pesadas*: su ubicación dentro de la fábrica, las actividades y productos que se desarrollan en ésta, y finalmente nos detendremos en una de sus líneas de montaje, la *Prodrive*, sobre la que trabajaremos a lo largo de este proyecto

1. UBICACIÓN DE LA MINI FÁBRICA

Tal y como se describió en el capítulo anterior, la fábrica de Getafe cuenta con cuatro mini fábricas: *Cajas Ligeras de Transmisión*, *Cajas Pesadas de Transmisión*, *Mandos Finales* y *Ejes y Engranajes*.

Será en la mini fábrica de *Cajas Pesadas* donde se llevarán a cabo las actividades que suponen la base de nuestro proyecto, y por tanto aquella en la que nos centraremos a lo largo del documento.



Figura 3.1: Layout de la fábrica de John Deere Ibérica y situación de la Mini fábrica de Cajas Pesadas

En la figura anterior, se puede observar un plano reducido de la fábrica John Deere Ibérica de Getafe, en donde se indica la ubicación exacta de la nave de Cajas Pesadas.

2. PRODUCTOS FINALES DE LA MINI FÁBRICA

La mini fábrica produce cuatro modelos de caja de transmisión: *MAIN PTO*, *3SPEED*, *5 SPEED* Y *PRODRIVE*. Dentro de cada modelo, existen varios sub modelos con distintas prestaciones, que exigen distintos procesos de producción dentro de una misma línea. A cada uno de los sub modelos se le asigna una referencia tope.

En la siguiente figura, podemos observar los cuatro modelos de caja de transmisión y su ubicación dentro de la cosechadora.

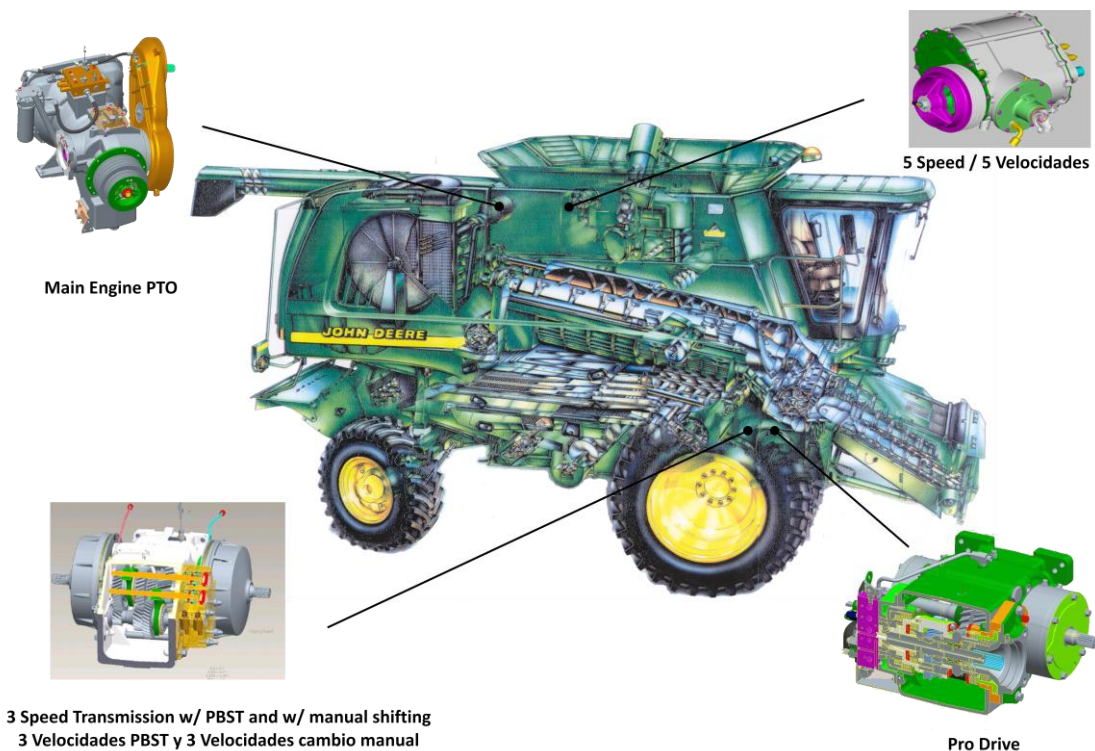


Figura 4.2: Ubicación de los distintos productos dentro de la cosechadora

Las cajas de transmisión, se encargan de transferir la potencia del motor a los distintos elementos de la cosechadora. Además, los modelos de 3 velocidades y Prodrive, encargados de transmitir el movimiento a las ruedas, incluyen los sistemas de frenado y el frenos de estacionamiento de la cosechadora.

3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

En la mini fábrica de *Cajas Pesadas de Transmisión* consta de distintas áreas donde tienen lugar las operaciones de ensamblaje, pintura, embalaje, rodadura y algún proceso de mecanizado.

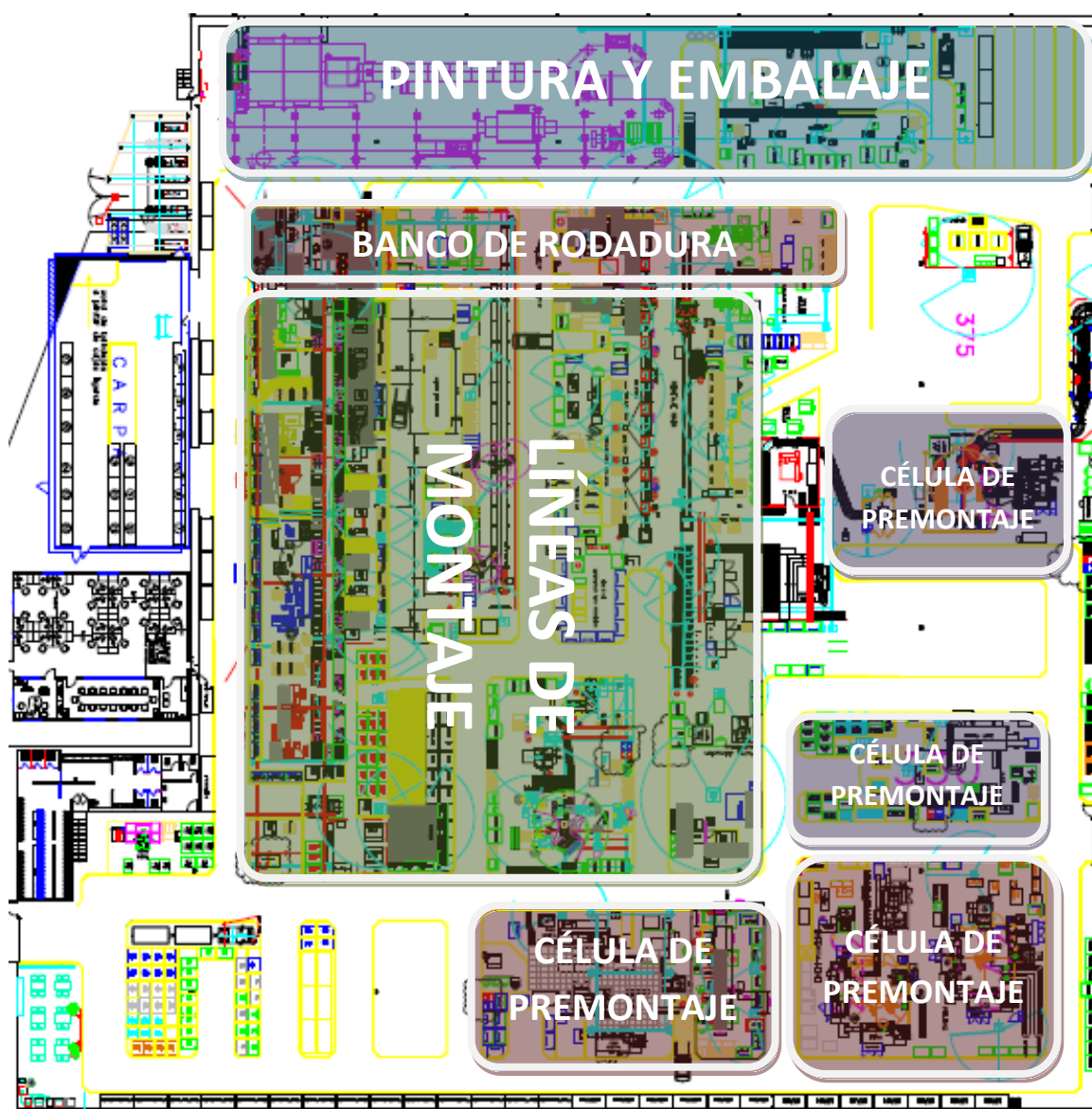


Figura 5.3: Layout de la mini fábrica de Cajas Pesadas y distribución de actividades

CÉLULA DE MECANIZADO

En esta célula se mecanizan piezas previamente forjadas o moldeadas que serán ensambladas posteriormente en la línea de montaje de las distintas cajas de transmisión.

La célula está provista de varios centros de mecanizado controlados por un operario, que se encarga a su vez de reponer la línea con las piezas ya mecanizadas.



Figura 6.4: Centro de Mecanizado

CÉLULAS DE PRE MONTAJE



Figura 7.5: Célula de Premontaje

Se encargan del pre montaje de subconjuntos como diferenciales, ejes de entrada, ejes intermedios,... que más tarde se ensamblarán al producto final en la línea de montaje.

Al igual que en el caso de la célula de mecanizado, es el propio operario quien se encarga de reaprovisionar la línea.

LÍNEAS DE MONTAJE

En ellas se desarrolla el ensamblaje final de los subconjuntos y mecanizados realizados en las células mencionadas, así como de piezas que vienen directamente de los proveedores. Por este motivo, su correcto funcionamiento no sólo depende del aprovisionamiento externo de material, sino también del resto de las actividades de la mini fábrica.



Figura 8.6: Línea de montaje

BANCOS DE PRUEBA



Figura 9.7: Banco de Pruebas

Las cajas de transmisión o algunas de sus partes críticas son sometidas a una serie de pruebas (rodaduras, fugas...), para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos por el cliente final.

Para ello, John Deere Ibérica cuenta con una serie de bancos de pruebas en donde se realizan los test necesarios, rechazando y reprocesando aquellas cajas o partes cuyos valores probados están fuera de los rangos o tolerancias considerados como aceptables.

LÍNEA DE PINTURA Y EMBALAJE

Una vez comprobado que las cajas de transmisión cumplen todos los requisitos de calidad, éstas entran en el túnel automatizado de pintura y posterior secado.

Tras haber comprobado que no existe ningún defecto de pintura, el producto queda terminado y se procede al embalaje para su posterior transporte.

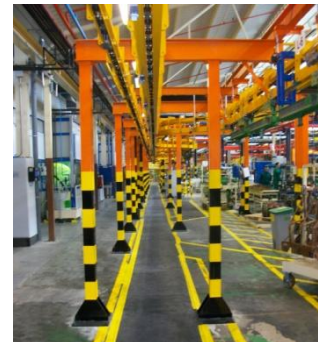


Figura 10.8: Línea de pintura

4. LÍNEA DE MONTAJE PRODRIVE

Como podemos observar en el *layout* de la línea que presentamos a continuación, la línea de producción de la caja de transmisión *Prodrive* tiene forma de U. A lo largo de la línea se disponen los distintos bancos de montaje y ensamblaje, perfectamente equilibrados según el proceso establecido.

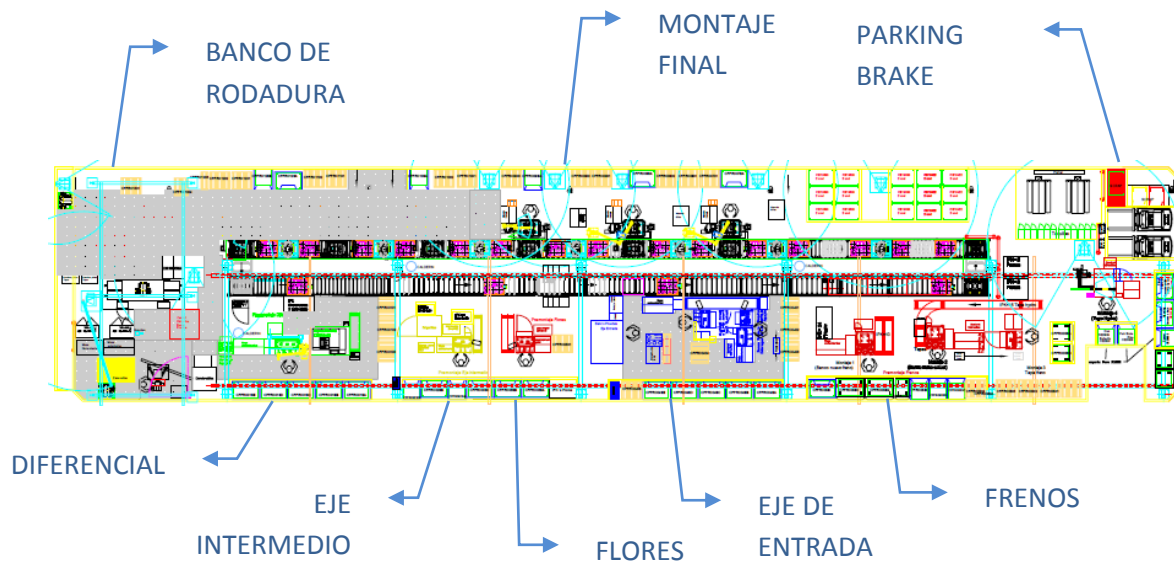


Figura 11.9: Layout de la línea de montaje Prodrive y la disposición de los distintos puestos de montaje



Figura 3.10: Kit de premontajes

Los primeros bancos de la línea, se destinan al montaje de los distintos subconjuntos que forman la caja de transmisión: *diferencial, eje de intermedio, flores, eje de entrada, frenos y parking brake*. Los subconjuntos son depositados sobre un soporte que recorre toda la línea, formando un kit para la producción de una caja de transmisión.

Tras incorporar la carcasa principal a la línea de producción, se disponen 6 bancos de montaje final, destinados al ensamblaje de los distintos subconjuntos de la caja de transmisión. Una vez completado el montaje, la caja de transmisión pasa a un banco de rodaje situado al final de la línea, donde se comprueba que cumple los requerimientos de calidad.

Finalmente, tras verificar la viabilidad de la caja, un operario utiliza un polipasto para colocar la caja en la línea de pintura.

IV

MARCO TEÓRICO

En este capítulo nos detendremos a explicar los principios de la filosofía Lean Manufacturing, modelo de gestión en el que se apoya nuestro proyecto. Haremos una breve introducción sobre su origen y nos detendremos en aquellos aspectos que más tienen que ver con nuestro proyecto.

1. LEAN MANUFACTURING

Filosofía de gestión enfocada a la reducción de los ocho tipos de "despilfarros" (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento, defectos, Potencial humano subutilizado) en productos manufacturados. Eliminando el desperdicio, la calidad mejora y el tiempo de producción y el costo, se reducen. Las herramientas "*lean*" (en inglés, "sin grasa" o "ágil") incluyen procesos continuos de análisis (*kaizen*), producción "pull" (en el sentido de *kanban*), y elementos y procesos "a prueba de fallos".

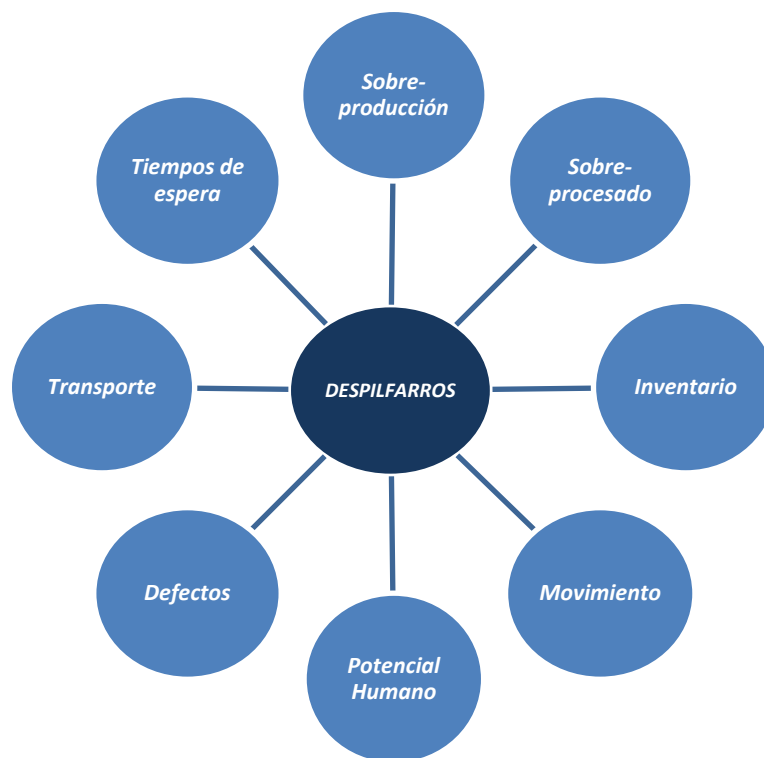


Figura 4.1: Despilfarros

1.1 ORIGEN DE LA FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING

Metodología de mejora de la eficiencia en manufactura desarrollada por la empresa Toyota, fue concebida en Japón por Taiichi Ohno, director y consultor de la empresa Toyota. Ohno observó que antes de la guerra, la productividad de Japón era muy inferior a la americana. Después de la guerra Ohno visitó Estados Unidos, donde estudió a los principales exponentes en el estudio de la productividad y reducción de desperdicio del país como Frederick Taylor y Henry Ford.

Ohno se mostro impresionado por el énfasis excesivo que los americanos ponían en la producción en masa de grandes volúmenes en perjuicio de la variedad, y el nivel de desperdicio que generaban las industrias del país. Cuando visitó los supermercados tuvo un efecto inspirador inmediato. Ohno encontró en ellos un ejemplo perfecto de su idea de manejar inventarios reducidos, eliminar pasos innecesarios y controlar las actividades primarias.

El objetivo es encontrar herramientas que ayuden a eliminar todos los desperdicios y todas las operaciones que no le agregan valor al producto o a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Por otro lado, sirve para implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

1.2 PRINCIPIOS CLAVE

Los principios clave del lean manufacturing son:

- ✓ *Calidad perfecta a la primera*: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- ✓ *Minimización del despilfarro*: eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y redes de seguridad, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- ✓ *Mejora continua*: reducción de costos, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- ✓ *Procesos "pull"*: los productos son tirados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.
- ✓ *Flexibilidad*: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- ✓ *Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores* tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información.

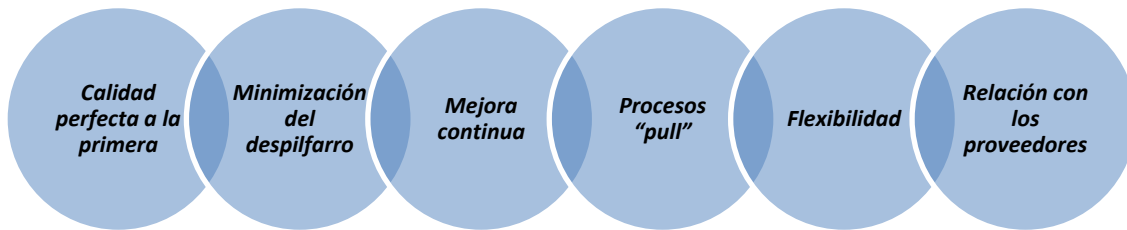


Figura 4.2: Principios de la filosofía Lean Manufacturing

A continuación, desarrollaremos con más detalle aquellos principios que abordaremos con más detalle a lo largo del proyecto.

1.2.1 MINIMIZACIÓN DEL DESPILFARRO

La minimización del despilfarro, como método de acercamiento a la mejora, es una de las características clave de los sistemas *Lean*. Para buscar la mejora, los métodos tradicionales buscan primero las operaciones que añaden valor e intentan mejorarlas. Frente a esta vía, los sistemas *Lean* se centran en buscar las operaciones que no aportan valor e intentar eliminarlas o, al menos, reducirlas.

Se suele hablar de los 7 tipos de despilfarros:

- ✓ Sobreproducción: fabricar lo que no se necesita.
- ✓ Esperas: tiempo sin producir valor por esperar al proceso anterior, por la falta de material o de una herramienta, por la falta de información o de una decisión,...
- ✓ Transportes o movimientos innecesarios: el desplazamiento de las piezas en producción no genera valor. Suele ser mayor cuanto mayor es la obra en curso y cuanto peor es el flujo a través de la propia empresa y de la cadena logística en su conjunto.
- ✓ Sobre procesar o procesar incorrectamente: ocurre por realizar más de las operaciones necesarias o por la incorrecta realización de las mismas.
- ✓ Exceso de inventario: provoca incremento de costes de transporte y almacenamiento, obsolescencias, riesgos para la seguridad,...

- ✓ Movimientos innecesarios: acciones de las personas que no aportan valor. Suelen estar muy unidos a la preparación de los puestos de trabajo, pero también a los flujos de información o material dentro de una empresa.
- ✓ Defectos: producción de piezas defectuosas o los trabajos de reparación de las mismas.
- ✓ Potencial humano subutilizado: conocimiento de los empleados no utilizado, entendiendo conocimiento como la suma de pensamiento, voluntad y acción.

Nuestro proyecto se centrará en la eliminación o reducción de movimientos de material innecesarios para el aprovisionamiento de las líneas de montaje. Pero como veremos posteriormente, la consecución de este objetivo nos llevará, por causa o efecto, a la eliminación de otros despilfarros como el exceso de inventario, los tiempos de espera y el potencial humano subutilizado.

1.2.2 PROCESOS “PULL”: SISTEMA KANBAN

El cliente, interno o externo, debe tirar de la producción. El ideal de flujo es el flujo pieza a pieza con inventarios cero y fabricados al ritmo que marca el cliente (tirado por el cliente externo). Sin embargo, el sistema de producción de John Deere no es un sistema de inventario cero. Depende de un stock de materiales en cada una de las mini fábricas, que son reaprovisionados usando sistemas PULL. Sin olvidar que el inventario es despilfarro, suele ser necesario para permitir un flujo suave de la producción.

La forma que ha encontrado John Deere para cumplir con el compromiso de la necesidad de inventarios y el despilfarro que suponen, es el sistema *Kanban*.

Mediante el sistema *Kanban*, se consigue que el proceso aguas arriba produzca un pequeño lote de nuevas piezas sólo cuando el proceso aguas abajo le mande una señal. Con esto se consigue mantener los inventarios necesarios totalmente controlados. El sistema *Kanban*, sustituye a los MRP's en la gestión de los talleres *Lean*, dejando éstos para el carga-capacidad o la planificación a medio-largo plazo.

El extremo opuesto son los sistemas PUSH (empujar), que utilizan los sistemas de producción en masa, empujando material aguas abajo sin importar la

necesidad o no del mismo (cada departamento busca su máxima eficiencia local, independiente de las necesidades del flujo global).

1.2.3 FLEXIBILIDAD

La flexibilidad de la línea es la capacidad de ésta de introducir mayor variedad de productos en lotes de producción menores, sin sacrificar la eficiencia productiva de la misma.

La variable más descriptiva de la flexibilidad de una línea de producción, son los tiempos de *set up*. El tiempo de *set up*, es el tiempo improductivo que debe permanecer la línea parada en el momento que cambia de lote de producción, debido a cambios de material, herramientas, información,...

La filosofía *Lean Manufacturing*, en su ideología de minimización el despilfarro, encuentra en la reducción de los tiempos de *set up* una variable clave sobre la que actuar para aumentar la flexibilidad de las líneas, aumentando la variedad de productos y disminuyendo el tamaño de los lotes de producción, con el objetivo final de ajustarse a las necesidades de los clientes.

John Deere Ibérica apuesta por la continua incorporación de nuevos productos, ofreciendo a sus clientes gran variedad de funcionalidades en sus productos finales. Por este motivo, la flexibilidad de sus líneas de montaje supone un reto cada vez mayor, y que abordaremos a lo largo de nuestro proyecto.

V

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO ACTUAL

En este capítulo, nos ocuparemos de describir el proceso de aprovisionamiento de John Deere, desde que el material sale de los proveedores, hasta que llega el producto terminado al cliente. Del mismo modo, expondremos los sistemas que utiliza para gestionar el flujo de material a lo largo de la cadena de suministro.

Tras obtener una visión global, nos detendremos a explicar de forma detallada el proceso de aprovisionamiento de las líneas de montaje de la mini fábrica de cajas pesadas de John Deere Ibérica; destacando los factores clave sobre los que se sustenta este proceso.

1. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO

En este punto, trataremos de dar una visión global de la cadena de suministro de John Deere, explicando cada uno sus eslabones, así como los sistemas que la gestionan.

En la siguiente figura, observamos el flujo de materiales desde los proveedores de John Deere Ibérica, hasta sus clientes John Deere repartidos por todo el mundo. Del mismo modo, podemos observar el flujo contrario de información, que permite gestionar la producción de los distintos agentes a nivel global.

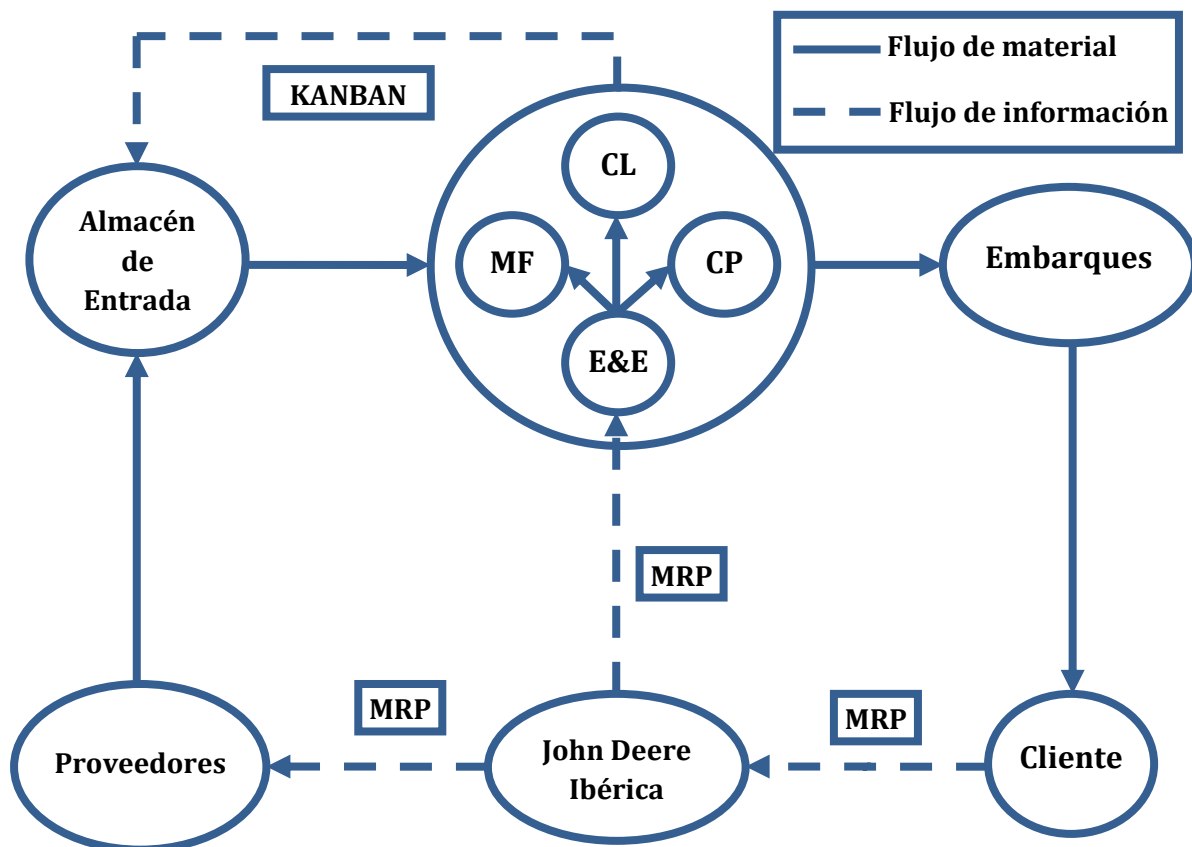


Figura 5.1: Cadena de Suministro de John Deere Ibérica

John Deere utiliza procesos PULL para gestionar su producción y la de sus proveedores a nivel global. El cliente, interno o externo, tira de la producción en función de sus necesidades. De este modo, a partir del plan de producción del cliente final, el propio proceso genera una explosión de órdenes de aprovisionamiento a lo largo de toda la cadena de suministro, que tienen como

objetivo disponer del material en la cantidad, el momento y el lugar adecuado, para cumplir con los compromisos adquiridos.

Para ello, John Deere utiliza sistemas de planificación y gestión MRP a nivel global y sistemas Kanban a nivel interno, que desarrollaremos a continuación.

1.1 MRP

Los sistemas MRP o *Material Requirements Planning* (Plan de Requerimientos de Material), es un sistema de planificación de la producción y de gestión de stocks (o inventarios) que responde a las preguntas: ¿qué? ¿Cuánto? y ¿cuándo?, se debe fabricar y/o aprovisionar. El objetivo del MRP es brindar un enfoque más efectivo, sensible y disciplinado para determinar los requerimientos de materiales de la empresa.

Así pues, el MRP consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materia prima, etc.) introduciendo un factor nuevo, no considerado en los métodos tradicionales de gestión de stocks, que es el plazo de fabricación o plazo de entrega en la compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo, las necesidades en cada fase de fabricación del producto.

Como observamos en la siguiente figura, el sistema MRP comprende la información obtenida de al menos tres fuentes o ficheros de Información principales que a su vez suelen ser generados por otros subsistemas específicos, pudiendo concebirse como un proceso cuyas entradas son:

- ✓ El plan maestro de producción (MPS), el cual contiene las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los productos de la planta que están sometidos a demanda externa (productos finales fundamentalmente y, posiblemente, piezas de repuesto).
- ✓ El estado del inventario (Stock), que recoge las cantidades de cada una de las referencias de la planta que están disponibles o en curso de fabricación. En este último caso ha de conocerse la fecha de recepción de las mismas.
- ✓ La lista de materiales (BOM), que representa la estructura de fabricación en la empresa. En concreto, ha de conocerse el árbol de fabricación de

cada una de las referencias que aparecen en el Plan Maestro de Producción.

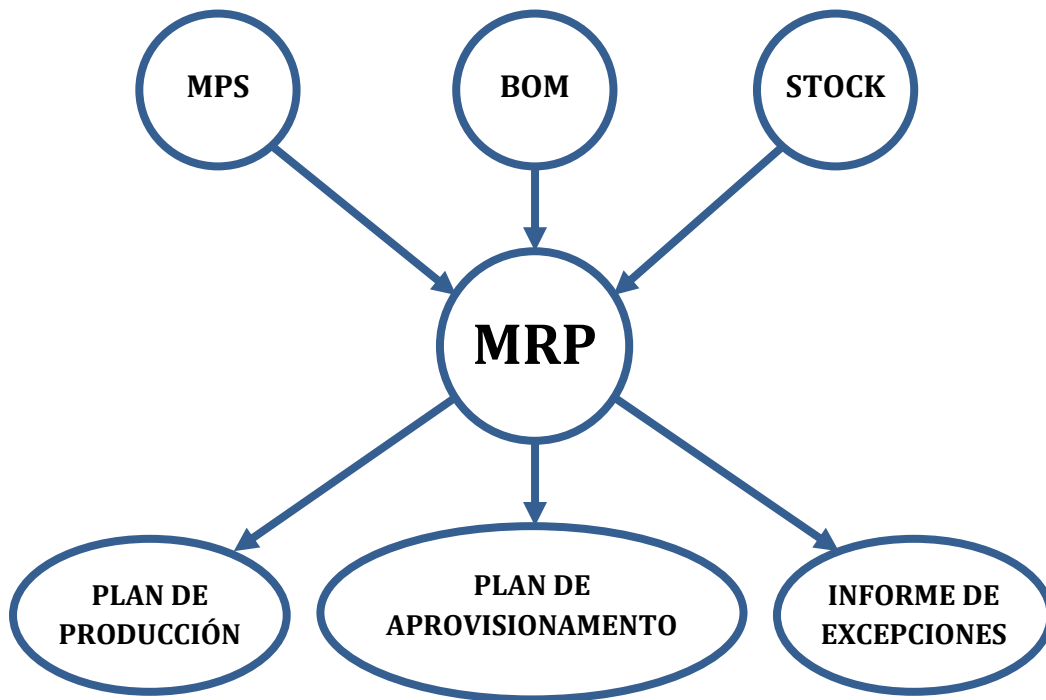


Figura 5.2: Entradas y salidas del sistema de gestión MRP

A partir de estos datos la explosión de las necesidades proporciona como resultado la siguiente información:

- ✓ El plan de producción de cada uno de los ítems que han de ser fabricados, especificando cantidades y fechas en que han de ser lanzadas las órdenes de fabricación. Para calcular las cargas de trabajo de cada una de las secciones de la planta y posteriormente para establecer el programa detallado de fabricación.
- ✓ El plan de aprovisionamiento, detallando las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores para todas aquellas referencias que son adquiridas en el exterior.
- ✓ El informe de excepciones, que permite conocer que, órdenes de fabricación van retrasadas y cuáles son sus posibles repercusiones sobre el plan de producción y en última instancia sobre las fechas de entrega de los pedidos a los clientes. Se comprende la importancia de esta información con vistas a renegociar, estas si es posible o, alternatively, el lanzamiento de órdenes de fabricación urgentes, adquisición en el exterior, contratación de

horas extraordinarias u otras medidas que el supervisor o responsable de producción considere oportunas.

Así pues, la explosión de las necesidades de fabricación no es más que el proceso por el que las demandas externas correspondientes a los productos finales, son traducidas en órdenes concretas de fabricación y aprovisionamiento para cada uno de los ítems que intervienen en el proceso productivo.

De este modo, John Deere como compañía global, encuentra en los sistemas MRP la herramienta idónea, acorde a las características de su producto final:

- ✓ Complejo y requiere de varios niveles de subensamble y ensamble.
- ✓ Costoso
- ✓ Altos tiempos de procesamiento de la materia prima y componentes.
- ✓ Largo ciclo de producción (lead time).

1.1.1 PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE JOHN DEERE IBÉRICA

Una vez conocido el funcionamiento del MRP, debemos explicar cómo contribuye al proceso de aprovisionamiento de la fábrica de John Deere Ibérica.

Los productos finales de John Deere ibérica (cajas de transmisión, mandos finales,...), son a su vez productos semielaborados que son ensamblados finalmente en el producto final de nuestros clientes (cosechadoras, tractores,...). Por lo tanto, el proceso de fabricación de la compañía se basa en una demanda dependiente de los planes de producción de sus clientes.

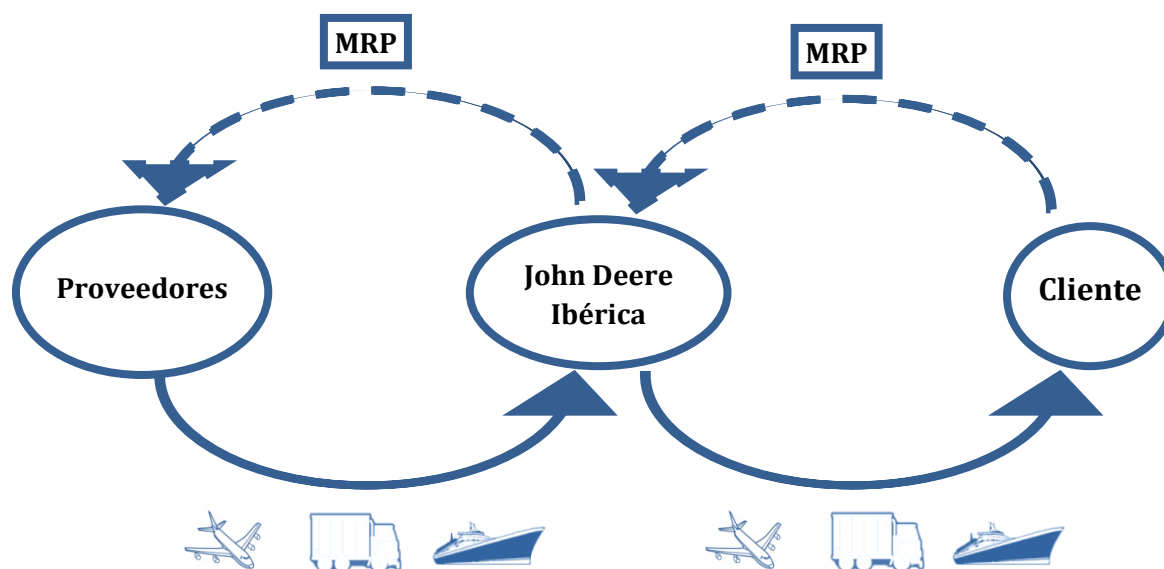


Figura 5.3: Flujo de Material e Información en la cadena de Suministro

De este modo, el MRP de JDI (John Deere Ibérica) se alimenta de los planes de aprovisionamiento resultantes de los MRPs de sus clientes, y del mismo modo, el MRP de JDI genera la explosión de necesidades que nutre los MRPs de sus proveedores, y así sucesivamente. Esta acción denominada *“lanzamiento de requerimientos”*, se realiza semanalmente desde los clientes a JDI y quincenalmente de JDI a sus proveedores, con un horizonte temporal de 18 meses.

Como mencionamos anteriormente, la Mini fábrica de E&E es tanto proveedor externo para los clientes de JDI, como proveedor interno de la propia fábrica. Por este motivo, su sistema de planificación de la producción se alimenta a su vez, del MRP de la propia compañía para cumplir con las necesidades propias.

Aunque éste proceso es continuo, podemos decir que en este punto comienza el proceso físico de aprovisionamiento. En base a las necesidades de JDI (fechas, cantidades,...), los proveedores fabrican y embarcan el material en función de su frecuencia de envío, el tamaño del lote y su *lead time*. Todos estos parámetros, son negociados por los compradores e introducidos en el sistema MRP.

La recepción del material se realiza por el almacén de entrada de JDI, que actualmente es gestionado por un operador logístico. Las funciones del operador logístico son:

- ✓ Recepción y almacenamiento del material.
- ✓ Gestión del sistema informático de inventarios
- ✓ Reembalaje de determinados materiales

Otra de las funciones del operador logístico es el aprovisionamiento de material de cada una de las mini Fábricas desde el almacén de entrada. Este proceso, utiliza un sistema Kanban que describimos detalladamente en el siguiente punto.

1.2 SISTEMA KANBAN DE APROVISIONAMIENTO

El sistema *Kanban*, sustituye a los MRP's en la gestión de las fábricas *Lean*, dejando éstos para la planificación a medio-largo plazo. A diferencia del MRP, el sistema kanban de aprovisionamiento no se alimentan de un plan maestro de producción, sino que es el propio proceso de producción el que genera la orden de aprovisionamiento por sí mismo.

1.2.1 PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE LAS MINI FÁBRICAS

John Deere ibérica utiliza el sistema Kanban para reaprovisionar las mini fábricas de material desde el almacén de entrada. Este sistema, se basa en el envío de un pequeño lote de nuevas piezas (bulto) sólo cuando el proceso le mande una señal, consiguiendo mantener los inventarios necesarios totalmente controlados. En este caso, la señal u orden de transporte, va asociada a una tarjeta que va pegada a cada lote de piezas, y que se muestra en la siguiente figura.



Figura 5.4: Tarjeta Kanban utilizada en John Deere Ibérica

La tarjeta contiene la siguiente información:

- ✓ Referencia (Ej:19M7791)
- ✓ Descripción de la pieza (Ej: Tornillo hexagonal)
- ✓ Cantidad del lote (Ej:250)
- ✓ Embalaje del lote (Ej:C11 Caja de Cartón)
- ✓ Mini fábrica destino (Ej: Cajas Pesadas)
- ✓ Ubicación dentro de la mini fábrica (Ej: CP PRO 0601 A1)
- ✓ Código de barras
- ✓ Proveedor (Ej: Karl Berrang GMBH)
- ✓ Nº de orden de transporte (Ej: 287101)

En la siguiente figura, podemos observar cada una de las operaciones del proceso de aprovisionamiento de las mini fábricas mediante tarjetas Kanban.

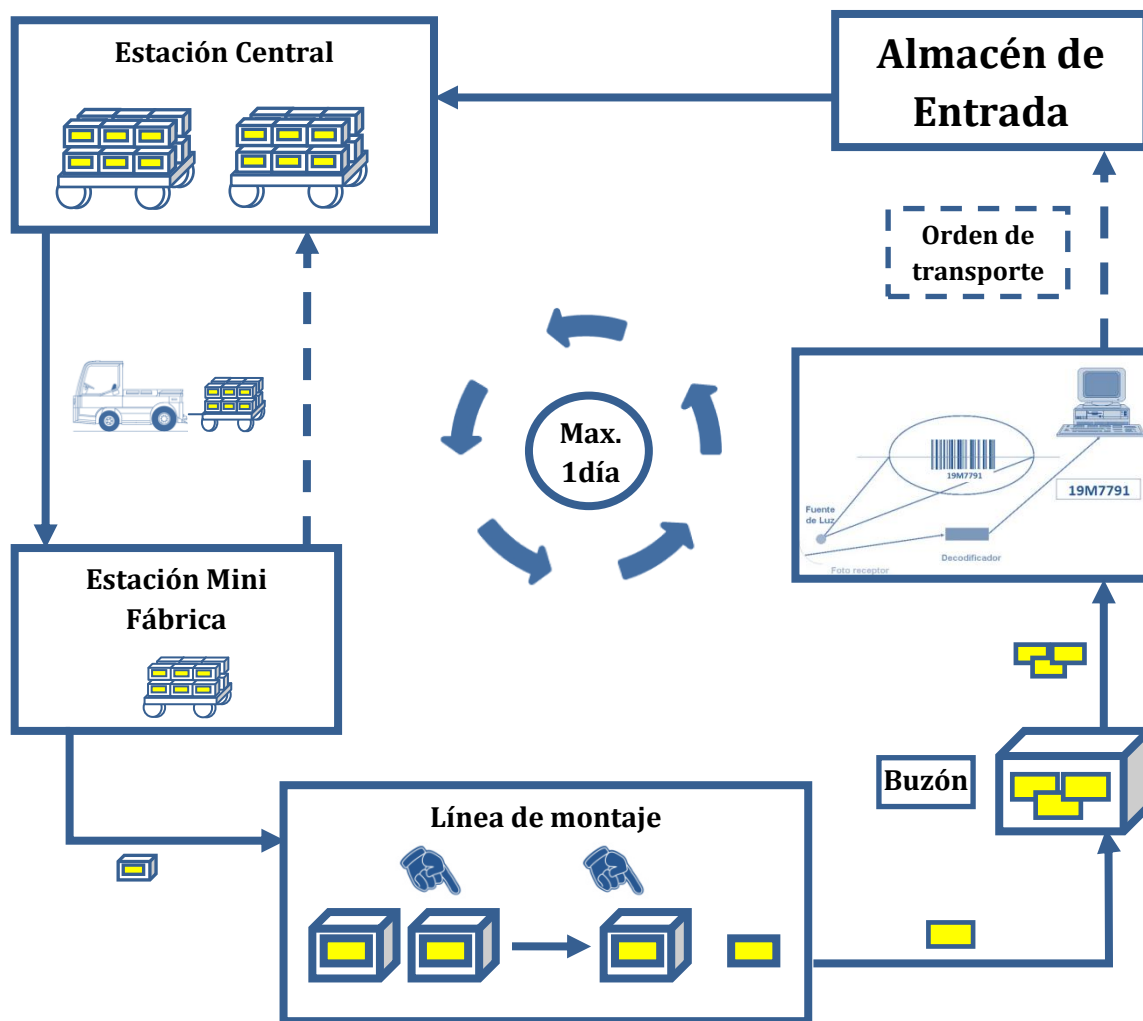


Figura 5.5: Funcionamiento del Sistema de aprovisionamiento Kanban

Como hemos mencionado, es el propio proceso de producción el que genera la orden de aprovisionamiento, por lo tanto, es ahí donde empieza el proceso de aprovisionamiento, en la línea de montaje.

Como podemos observar en la figura, inicialmente el operario dispone de dos o más bultos en una ubicación cercana a su puesto de montaje. El operario va consumiendo uno de los bultos hasta que este se acaba. En ese momento, retira la tarjeta pegada al bulto vacío, la deposita en uno de los buzones que se encuentran repartidos a lo largo de la línea de montaje y continúa consumiendo el siguiente bulto del que dispone.

Otro operario, se encarga de recoger todas las tarjetas depositadas en los buzones dos veces al turno. Tras la recogida, utiliza un lector de códigos de barras para introducir las tarjetas en el sistema. En ese momento, se genera

automáticamente una orden de aprovisionamiento enviada al almacén de entrada, gestionado por el operador logístico.

La orden de aprovisionamiento se consolida imprimiéndose una tarjeta kanban exacta a la fichada en el propio almacén. El operador logístico prepara el pedido y le vuelve a pegar la nueva tarjeta. Los pedidos con el mismo destino (Mini Fábrica) y de menor tamaño, son agrupados en pallets.

1.2.1.1 TREN LOGÍSTICO

Para transportar el material paletizado desde el almacén de entrada a cada una de las mini fábricas, John Deere Ibérica dispone de un tren logístico con la capacidad de enganchar y desenganchar vagones en su parte trasera.

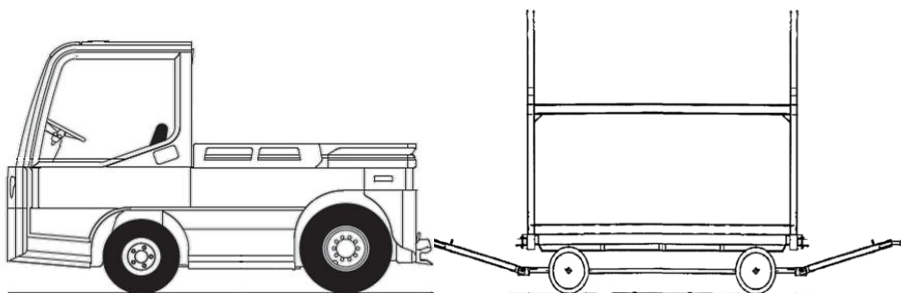


Figura 5.6: Tren Logístico utilizado en John Deere Ibérica

Cada vagón tiene una capacidad para ocho pallets europeos distribuidos en dos alturas.

El tren dispone de una estación central muy próxima al almacén de entrada, así como una estación en cada una de las mini fábricas. La estación central se divide a su vez en varias subestaciones en función del destino (cada una de las mini fábricas). Las estaciones de las mini fábricas tienen capacidad para acoger un único vagón, mientras que cada una de las subestaciones de la estación central pueden acoger dos vagones.

Por lo tanto, el proceso de aprovisionamiento continúa de la siguiente manera.

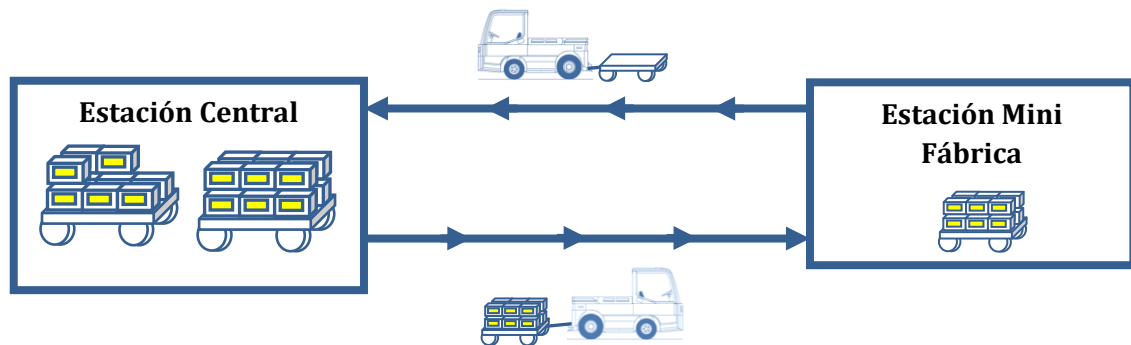


Figura 5.7: Proceso de aprovisionamiento del tren

El operador logístico va rellorando los vagones ubicados en la estación central con los pedidos de cada una de las mini fábricas. Los vagones permanecen en la estación central hasta que el personal de logística de cada una de las mini fábricas se pone en contacto con el conductor del tren para que reaprovisione un vagón lleno.

Esta situación se produce cuando el vagón ubicado en la estación de la mini fábrica ha sido descargado.

En ese momento, el tren engancha un vagón de la estación central y lo lleva a la mini fábrica correspondiente. Deja en la estación el vagón lleno y se lleva el vagón vacío de vuelta a la estación central para que sea cargado con más pedidos.

En la siguiente figura, podemos observar la ruta que realiza el tren desde la estación central a cada una de las estaciones situadas en las mini fábricas.

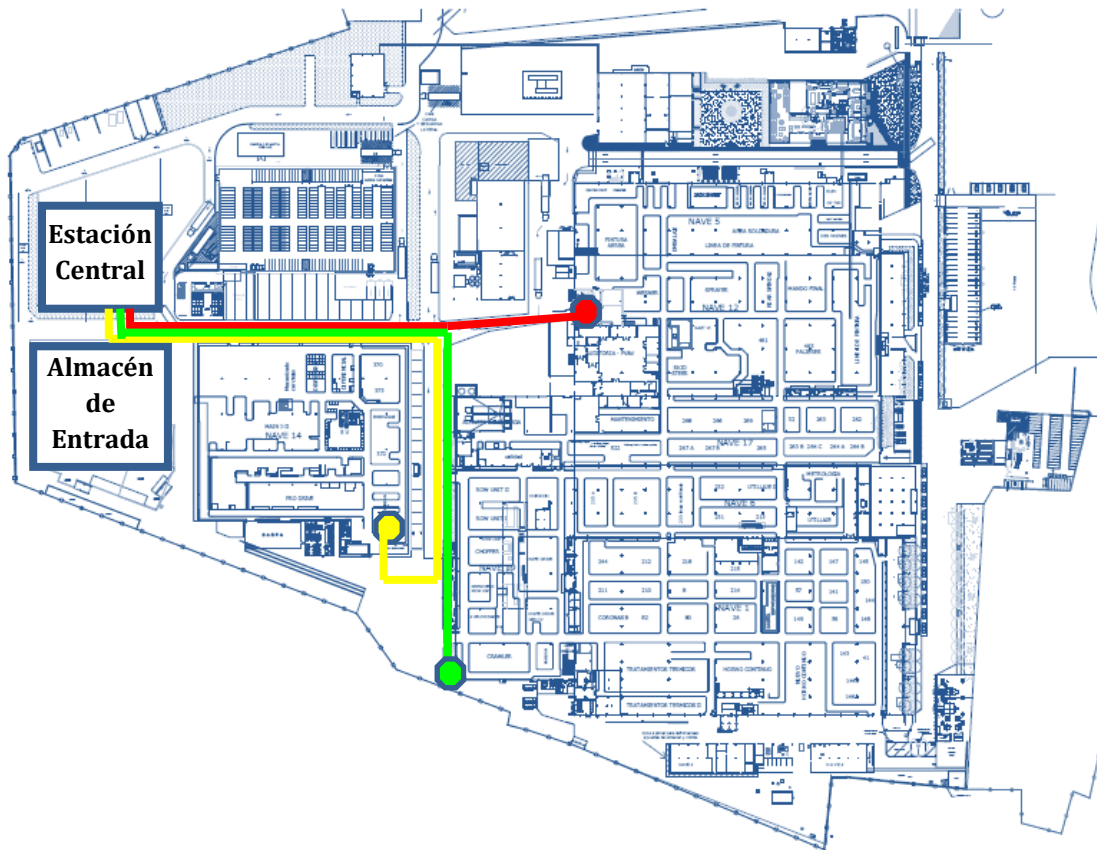


Figura 5.8: Rutas del tren a lo largo de la Fábrica

Finalmente, una vez tenemos el vagón lleno en la estación de cada mini fábrica, el personal de la misma lo descarga y lo lleva a su ubicación mediante un proceso que explicaremos más detalladamente en puntos posteriores, ya que ahí se encuentran los límites de actuación de nuestro proyecto.

De este modo, se cierra el ciclo de aprovisionamiento de material mediante el sistema Kanban que, teniendo en cuenta la capacidad de los medios involucrados en el proceso, tiene un periodo de aprovisionamiento máximo (Lead time) de un día desde que se termina un lote hasta que otro lote completo llega al punto de consumo.

Este periodo de aprovisionamiento, junto con características intrínsecas del sistema Kanban y la capacidad productiva de las líneas de montaje, son los parámetros que nos permiten calcular el stock mínimo en fábrica y el nº de tarjetas necesarias.

1.2.2 STOCK MÍNIMO NECESARIO DE CADA LÍNEA

El ideal de flujo, es el flujo pieza a pieza con inventarios cero y fabricados al ritmo que marca el cliente (tirado por el cliente externo). Sin embargo, el sistema de producción de John Deere no es un sistema de inventario cero, depende de un stock en cada una de las mini fábricas, impuesto por la utilización del sistema de reaprovisionamiento mediante tarjetas Kanban. Sin olvidar que el inventario es despilfarro, suele ser necesario para permitir un flujo suave de la producción.

Es stock mínimo necesario es el nivel de inventario teórico, ya se encuentre físicamente en la mini fábrica o en curso desde el almacén de entrada, necesario para evitar que las líneas queden desabastecidas en la situación más hostil. Se considera la situación más hostil, cuando una línea trabaja máxima capacidad de producción y la capacidad de reaprovisionamiento es mínima durante un periodo superior a tres turnos.

Por lo tanto, existen tres factores que nos permiten calcular el stock mínimo necesario en fábrica:

Producción Máxima Diaria

El valor D_c de una línea de montaje, es la capacidad instalada en la línea medida en productos terminados por turno de trabajo. Es decir, es el número máximo teórico de productos terminados, trabajando la línea a plena capacidad y en ausencia de incidencias, en un turno de ocho horas.

Las líneas de montaje de John Deere ibérica trabajan a dos o tres turnos en función de las necesidades de la producción. Para calcular el stock necesario, debemos ponernos siempre en la situación de máxima producción, es decir, tres turnos al día, ya que si calculáramos el stock teniendo en cuenta dos turnos de trabajo, las líneas quedarían desabastecidas en aquellos picos de producción que obligaran a incluir un tercer turno.

Por lo tanto, teniendo en cuenta el valor D_c (nº máximo de productos terminados por turno) y considerando tres turnos de producción, **la producción máxima diaria sería igual a tres veces el D_c .**

Lead Time de Aprovisionamiento a Mínima Capacidad

El lead time de aprovisionamiento es el tiempo que transcurre desde que se da la orden de pedido hasta que el material es suministrado a la mini fábrica. Por lo tanto, debemos tener en fábrica el stock necesario para cubrir las necesidades de producción durante este periodo de aprovisionamiento.

Como dijimos anteriormente, el lead time de aprovisionamiento máximo es de un día. Esto quiere decir, que trabajando el sistema de aprovisionamiento a la mínima capacidad, tarda un día en reaprovisionar un lote desde que se lanza la orden de aprovisionamiento.

Por lo tanto, poniéndonos en la situación más hostil, es necesario tener en la línea el stock necesario para cubrir un día de máxima producción en el momento que se lanza la orden de aprovisionamiento.

Teniendo en cuenta que el sistema kanban impone lanzar la orden de aprovisionamiento en el momento que se termina un bulto, en el momento que se lanza la orden el stock en fábrica y el stock en curso suman 2 días de máxima producción.

Por conclusión, el stock mínimo necesario es el stock que nos permita satisfacer las necesidades de **dos días de máxima producción**, o lo que es lo mismo, 6 veces el D_c de la línea.

Hemos de decir que la situación más hostil es nunca se ha dado y es probabilísticamente imposible que se dé. Pero nivel de inventario que determina, ofrece cierta seguridad ante cualquier tipo de incidencia.

Lista de Materiales (BOM)

Una vez se conoce la producción que debemos satisfacer, es necesario extrapolar la información a cada referencia para conocer el stock mínimo necesario de cada una de ellas. Para ello, es necesario conocer la estructura del producto, que viene determinada por la lista de materiales o BOM (*Bill Of Material*). Esta lista nos permite conocer el número de piezas N de una referencia, que utiliza el producto final.

Por lo tanto, el stock mínimo necesario se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Stock\ Min.\ Nec. = D_c \left(\frac{productos}{turno} \right) \times 3 \left(\frac{turnos}{día} \right) \times 2\ días \times N \left(\frac{piezas}{producto} \right)$$

1.2.3 CÁLCULO DEL NÚMERO DE TARJETAS KANBAN

A partir del stock mínimo necesario y el tamaño del lote de cada referencia, podemos calcular el número de tarjetas Kanban necesarias para cada referencia a través de la siguiente fórmula:

$$N^{\circ}\ de\ Tarjetas = \frac{Stock\ Min.\ Nec.}{Cantidad\ por\ Lote}$$

Para cumplir con el stock mínimo, en el caso de no resultar un número entero de la expresión anterior, éste se redondeara al alza.

Para evitar reembalar el material, se establece que un lote es el mismo bulto que viene del proveedor. Por lo tanto, la cantidad del lote es igual a la cantidad del bulto, y del mismo modo, el número de tarjetas es igual al número de bultos.

En ocasiones, las cantidades por bulto son muy altas y con un único bulto cubriríamos el stock mínimo necesario. En estos casos, la fórmula anterior nos daría un resultado de uno. Uno de los requisitos del sistema Kanban es que al menos haya dos tarjetas por referencia, de modo que cuando se termina un bulto, haya al menos otro que evite que la línea quede desabastecida. Por lo tanto en estos casos añadiríamos una tarjeta más, siendo la fórmula resultante:

$$N^{\circ}\ de\ Tarjetas = \begin{cases} \frac{Stock\ Min.\ Nec.}{Cantidad\ por\ lote} & si > 1 \\ 2 & si \leq 1 \end{cases}$$

El número de tarjetas, o lo que es lo mismo, el número de bultos, determina el espacio que debemos destinar en la mini fábrica para el almacenamiento de

material que, como veremos posteriormente, es limitado e influye en gran medida en el proceso de aprovisionamiento de las líneas de montaje.

2. PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE MONTAJE

Tras obtener una visión global de la cadena de suministro de John Deere, debemos detendremos a explicar de forma detallada el proceso de aprovisionamiento de las líneas de montaje de la mini fábrica de cajas pesadas de John Deere Ibérica.

Destacaremos los factores clave sobre los que se sustenta el proceso de aprovisionamiento de material, desde que se estaciona un vagón del tren en la estación de la mini fábrica de cajas pesadas, hasta que el material llega a su ubicación dentro de la línea de montaje.

2.1 FACTORES CLAVE EN EL PROCESO

En este punto, nos detendremos a explicar cada uno de los factores que intervienen en el proceso de aprovisionamiento de las líneas de montaje.

2.1.1 TIPOS DE EMBALAJE

Al inicio de cada proyecto compradores, ingenieros de calidad y proveedores, realizan un estudio que determina el embalaje y la cantidad óptima para cada referencia, en base a los siguientes requisitos:

- ✓ No perjudicar la calidad de las piezas.
- ✓ Implementar unidades de carga racionales.
- ✓ Aprovechar al máximo la carga del contenedor sin superar la carga máxima para cada embalaje.

- ✓ Asegurar los procesos de transporte, garantizando una completa estabilidad de las piezas.
- ✓ Garantizar una descarga fácil mediante los vehículos de transporte.
- ✓ Garantizar una operación segura en todos los procesos de movimiento del embalaje con las piezas, permitiendo una manipulación correcta y segura por el personal de almacén y operarios.
- ✓ No estar deteriorado.
- ✓ Generar la menor cantidad de residuos posible en el caso de tratarse de embalaje no retornable.

John Deere Ibérica, posee una amplia gama de embalajes estandarizados, que se adecuan a las necesidades de los materiales que utiliza, cumpliendo con los requisitos anteriores.

A continuación, exponemos los tipos de embalajes estándar utilizados en John Deere Ibérica, clasificándolos según dos criterios: modo de manipulación, y retornable o no retornable.

2.1.1.1 EMBALAJES MANIPULABLES MANUALMENTE

Son aquellos embalajes que permiten, debido a su peso y dimensiones la manipulación manual.

El peso máximo autorizado es de 15kg y las dimensiones no deben superar 300mm de anchura, 500mm de profundidad y 400mm de altura. Se considerarán dimensiones de referencia 381mm de anchura, 305mm de profundidad y 229 mm de altura que corresponden al contenedor estándar RCB09 de John Deere.

Embalajes Retornables o Bines

Son embalajes de plástico con dimensiones estandarizadas y que permiten la reutilización de los mismos. Su diseño permite además el apilamiento para almacenarlos.

Se emplean tres tamaños:




Embalaje	Fotografía	Dimensiones Exteriores (mm)			Dimensiones Interiores (mm)		
		Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
RCA05		305	191	127	238	140	114
RCB05		381	305	127	330	239	114
RCB09		381	305	229	330	239	223

Tabla 5.1: Dimensiones de embalajes de manipulación manual

Pueden ser utilizados desde el proveedor, con aquellos proveedores con los que exista acuerdo para ello o bien ser utilizados desde el almacén del operador logístico, como medio de trasvase de las referencias, desde un embalaje a granel hasta la línea de producción.

El conjunto de piezas de un bin debe ir protegido mediante una bolsa de plástico o similar para evitar el depósito de suciedad en las mismas.

Embalajes No Retornables

Son embalajes que no permiten su reutilización, por lo que suelen estar realizados en cartón para minimizar el peso añadido a las piezas. Este embalaje cuando no resulte económico el empleo de los embalajes retornables, pero deben cumplir los requisitos del mismo modo.

2.1.1.2 EMBALAJES DE MANIPULACIÓN MECÁNICA

Son aquellos embalajes que, debido a sus dimensiones o peso no pueden ser manipulados manualmente, por lo que se moverán empleando transpaletas o carretillas.

Embalajes Retornables

Son aquellos que permiten su reutilización, se realizan en material plástico o metálico y, según el tipo de contenedor se permite un número máximo de embalajes apilados y un peso máximo por embalaje, que no debe superar los 900kg.

✓ Contenedores

El contenedor estándar retornable de plástico, puede plegarse cuando está vacío para optimizar el almacenamiento y tiene una carga bruta máxima definida de 680kg. Permite el apilamiento en 8 alturas plegado y en 3 cuando están cargados, si no superan en conjunto los 1360kg.

Se utiliza habitualmente entre unidades de John Deere y con algunas compañías dedicadas para optimizar los envíos entre unidades y disminuir el coste de embalajes internos. Están diseñados para disminuir los espacios en los contenedores marítimos de 20 y 40 pies.

Estos contenedores están identificados mediante un código de barras que permite gestionar su ubicación entre las unidades de John Deere y las compañías dedicadas con las que se emplean.

Se emplean preferentemente dos tamaños:



Embalaje		Dimensiones Exteriores (mm)			Dimensiones Interiores (mm)		
		Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
RCG34		813	762	864	749	699	673
RCK34		1219	1143	864	1114	1054	686

Tabla 5.2: Dimensiones de embalajes de manipulación mecánica

✓ **Jaulas**

Tiene la planta de un pallet europeo (1200mm*800mm) y permite su apilamiento hasta en 3 alturas cargando 750kg de peso bruto por jaula. Uno de sus laterales es abatible para permitir un mejor acceso a la carga. Es una dimensión normalizada para el intercambio de mercancía en Europa.



Figura 5.9: Jaula

✓ **Bandejas**

En John Deere se utilizan Bandejas de planta europea (1200mm*800mm) y dos alturas, 555 y 675mm de altura total, la bandeja más baja es de color amarillo y la más alta tiene acabado galvanizado, permitiendo el abatimiento de medio lateral largo para su descarga.



Figura 5.10: Tipos de bandejas

✓ **Rack**

Se manipula de manera mecánica y permite como máximo el apilamiento a dos alturas. La carga máxima de los racks es de 550kg.

Se utiliza habitualmente entre mini fábricas y también puede emplearse con determinadas compañías dedicadas.

El embalaje tipo rack se diseña al crear la pieza, para garantizar su posición, evitar golpes entre piezas, mejorar la ergonomía del proceso y es específico para cada referencia, por lo que ésta se marcará en el rack.



Figura 5.11: Rack

✓ **Pallets**

Los pallets retornables utilizados son de material plástico, con medidas normalizadas y que permiten el acceso para la manipulación de la carga desde las dos direcciones.

Las medidas normalizadas utilizadas son las del pallet europeo (1200mm*800mm) y el pallet industrial (1200mm*1000mm).



Figura 5.11: Pallet de plástico

Su carga máxima es de 750kg.

En general, los pallets no pueden ser remontados, salvo que se prevea una tapa que permita la creación de una superficie segura para el remonte del siguiente pallet o bien que la propia disposición de las piezas permita esta superficie de apoyo. Sólo se permite el remonte de pallets para almacenamiento en 2 alturas.

La carga irá flejada en los pallets para evitar su desplazamiento y los flejes serán de material textil o plástico, no permitiéndose los flejes metálicos.

Embalaje no retornable

Es aquel embalaje que no puede ser reutilizado, normalmente está realizado en cartón o madera, con refuerzos en caso necesario. Para su manipulación, tiene una base que permite la entrada de las uñas de las carretillas y transpaletas que puede estar realizada en madera o en material plástico.

Sus dimensiones inferiores son las de pallet europeo y las bases de los embalajes deben permitir el acceso de las ayudas de manipulación desde las dos direcciones.

Los embalajes no retornables se definen por parte de Ingeniería de Producto en función de las piezas a transportar y tienen una capacidad máxima de 900kg brutos.

✓ **Cajas y Cajones de Madera**

Se emplean para piezas de forja y fundición tanto nacionales como importadas y pueden ser con o sin tapa. En ambos casos permitirán el transporte en las dos direcciones del embalaje.



Figura 5.12: Cajones de Madera

La resistencia del embalaje debe garantizar la llegada de las piezas al punto de uso en perfecto estado, sin roturas de las tablas ni del fondo de la caja o cajón que puedan permitir la salida de las piezas.

El límite máximo de carga para las cajas de madera es de 900kg en función de su resistencia y pueden ser remontadas en dos alturas.

✓ **Pallets de madera**

Son estructuras de madera normalizadas y se emplean en dos medidas de planta, europea (1200mm*800mm) e industrial (1200mm*1000mm); se utilizan como base para el transporte de piezas grandes o como soporte de un conjunto de embalajes manipulables manualmente. En general, debido al tipo de



Figura 5.13: Pallet de Madera

piezas cargadas, no permiten el remonte, y tienen una carga máxima de 750kg.

Al estar normalizados, permiten la entrada de las carretillas y transpaletas en las dos direcciones para su transporte.

2.1.1.3 EMBALAJES DE MANIPULACIÓN MIXTA

Se denominan embalajes de manipulación mixta, a aquellos embalajes que a largo del proceso de aprovisionamiento tienen una fase inicial de manipulación por medios mecánicos, y otra de manipulación manual.

Este caso se da, cuando un embalaje de manipulación mecánica contiene a su vez un conjunto de embalajes de manipulación manual. Este tipo de embalajes es necesario cuando el reducido número de piezas por bulto de manipulación manual, hace que el número de tarjetas sea muy alto.

La normativa de la empresa no permite que el número de tarjetas para una referencia con embalaje manipulable manualmente sea mayor de 8. Esta norma, se basa en el aumento proporcional del número de movimientos de aprovisionamiento con el número de tarjetas. Un número muy alto de tarjetas podría colapsar el proceso de aprovisionamiento.

Por lo tanto, al paletizar aumentamos la cantidad de piezas del lote, y disminuye el número de tarjetas.

La carga paletizada debe ser distribuida homogéneamente, de modo que se cubran capas completas; la altura de apilamiento de las cajas no superará 1000mm de altura contando con el pallet, para permitir su almacenamiento en estanterías.

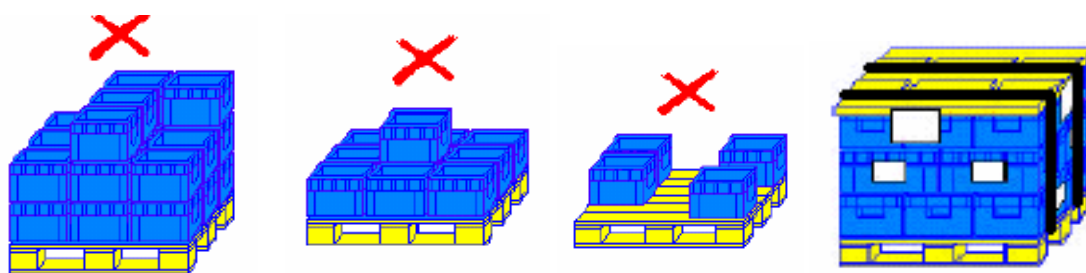


Figura 5.13: Distribución de embalajes unitarios sobre un pallet.

Las piezas o cajas entregadas en pallet deben ir flejadas para evitar su desplazamiento. Los pallets de madera pueden ser reutilizados si no cumplen ninguna de las condiciones de rechazo para embalajes de madera.

2.1.2 TIPOS DE UBICACIÓN EN LA LÍNEA DE MONTAJE

La ubicación del material en la línea, tiene el objetivo de facilitar al operario de montaje la manipulación de éste. De este modo, no sólo es necesario ubicar el material lo más cerca posible del punto de consumo, sino que su posición le permita al operario manipularlo de forma cómoda y segura.

Podemos distinguir tres tipos de ubicación en línea:

ESTANTERÍA DINÁMICA

Las estanterías dinámicas se utilizan para aquellas referencias con embalaje de manipulación manual o mixta en su última fase.



*Figura 5.15: Estanterías
Dinámicas*

Las estanterías poseen cierta inclinación en cada una de sus baldas, que permite que el material suministrado por la cara trasera, se deslice sobre rodillos hasta la cara frontal para una mejor manipulación por parte del operario de la línea.

John Deere utiliza estanterías dinámicas de cuatro alturas y en cada altura se consideran tres ubicaciones. La última altura (con inclinación opuesta) se suele destinar al retorno de los embalajes vacíos, aunque en algunas situaciones, se utiliza para ubicar material debido a falta de espacio en un puesto de trabajo.

Las dimensiones de cada una de sus baldas son 1000 mm de ancho, 400 mm de altura y 800 mm de profundidad. De este modo, teniendo en cuenta que cada balda posee tres ubicaciones, las dimensiones de una ubicación de estantería dinámica son 300mm de ancho, 400 mm de altura y 800 mm de profundidad.

Con estas dimensiones, cada ubicación permite almacenar varios bultos en función de sus dimensiones. Si el número de bultos (o tarjetas) que nos impone

el Stock mínimo necesario para una referencia determinada, no cabe en una única ubicación, se le asigna otra ubicación contigua.

En la siguiente tabla, se muestra el número de bultos que caben en una ubicación de estantería dinámica para cada embalaje.




Embalaje	Fotografía	Dimensiones Exteriores (mm)			Nº de Bultos por ubicación
		Largo	Ancho	Alto	
RCA05		305	191	127	8
RCB05		381	305	127	4
RCB09		381	305	229	2
Caja de Cartón		-	-	-	Determinar Físicamente

Tabla 5.3: Determinación de unidades de embalaje por ubicación.

Para embalajes no estándar, como son las cajas de cartón, el número de bultos por ubicación se determina físicamente.

UBICACIÓN DE SUELO

Para aquellas referencias con embalaje de manipulación mecánica debido a su elevado tamaño y peso, es necesaria una ubicación en la línea acorde con estos criterios.



Figura 5.16: Soportes de suelo de una y dos alturas

En John Deere Ibérica se utilizan soportes de una o dos alturas para ubicar este tipo de material en la línea de montaje. Estos soportes, facilitan la reposición con carretilla elevadora, que es el medio utilizado para transportar este tipo de bultos. Estos soportes están diseñados expresamente para cada tipo de embalaje. De este modo, sus dimensiones son acordes al embalaje que van a almacenar.

Como resulta obvio, este tipo de soportes permiten la ubicación de un único bulto y, debido al espacio que ocupan, sólo es posible disponer de un único soporte por referencia en la línea de montaje. Incluso, en algunos casos, un mismo soporte puede ser compartido por dos referencias pertenecientes a modelos distintos de caja de transmisión por falta de espacio.

Por lo tanto, es necesario ubicar el resto de bultos que nos impone almacenar el sistema de aprovisionamiento Kanban en la propia mini fábrica, fuera de las líneas de montaje. Para ello, se dispone de estanterías convencionales de almacenamiento denominadas RIP.

ESTANTERÍAS DE ALMACENAMIENTO: RIP

Son estanterías de gran tamaño que permiten almacenar el stock mínimo necesario de referencias con embalaje de manipulación mecánica o mixta en su primera fase que poseen una única ubicación de suelo en la línea de montaje.

Están situadas en torno a las líneas de montaje y el material permanece almacenado en ellas hasta el momento que se acaba el material situado en la ubicación de la línea.



Figura 5.17: RIP

Las estanterías constan de cuatro baldas de almacenamiento, cuya altura y número de ubicaciones dependen del embalaje que se almacene en ellas.

En la siguiente tabla, se muestra el número de ubicaciones por balda y la altura de las mismas, en función de cada embalaje.

Embalaje	Altura de balda (mm)	Nº de ubicaciones por balda
RCG34	1000	3
RCK34	1000	2
Jaula	1100	2
Pallet	1100	2
Bandeja	1100	2
No estándar	-	-

Tabla 5.4: determinación del número de ubicaciones de RIP en función del embalaje.

Para los embalajes no estándar, la altura de la balda y el nº de ubicaciones se determina físicamente.

2.1.3 MEDIOS DISPONIBLES

2.1.3.1 PERSONAL

A lo largo del proceso de aprovisionamiento, distintos agentes se encargan de la manipulación del material hasta que éste llega al punto de consumo. La intervención de éstos en el proceso, será objeto clave de nuestro análisis.

OPERARIOS DEL DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA

Logística dispone de un operario por turno, destinado exclusivamente a la reposición de material en el momento que llega a la mini fábrica.

OPERARIOS DE LA LÍNEA DE MONTAJE

Aunque su labor es el ensamblaje de los distintos componentes de las cajas de transmisión en la línea de montaje, en determinadas ocasiones deben hacer movimientos de material para reponer las ubicaciones de su propio puesto.

2.1.3.2 MEDIOS MECÁNICOS

La mini fábrica de cajas pesadas dispone de distintos medios mecánicos para una manipulación segura y ergonómica del material por parte del personal.

CARRETILLA MECÁNICA ELEVADORA

Es un vehículo contrapesado en su parte trasera que, mediante dos horquillas, puede transportar y apilar cargas de peso elevado. La mini fábrica de cajas pesadas dispone de cinco carretillas mecánicas, una para cada línea de montaje y una más para el operario de logística.



Figura 5.18: Carretilla elevadora

TRANSPALETA MECÁNICA



Figura 5.19: Transpaleta eléctrica

La transpaleta eléctrica constituye un equipo básico, que tiene como objetivo la manipulación y traslado horizontal de cargas unitarias sobre pallet, desde de los lugares de almacenamiento a los lugares operación o viceversa.

Permite desplazarse a lo largo de la línea y elevar el bulto a una altura adecuada, sin necesidad de realizar ningún esfuerzo.

2.2 PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE MONTAJE

En este punto, describiremos detalladamente el proceso de aprovisionamiento desde que el vagón cargado procedente del almacén de entrada es ubicado en la estación de cajas pesadas, hasta que el material llega a su correspondiente ubicación en la línea de montaje. Detallaremos cada uno de los movimientos de material necesarios, así como los encargados de realizarlos y los medios de los que disponen para ello.

Además, describiremos dos operaciones clave en el proceso, que se encuentran fuera del ámbito de actuación del sistema de aprovisionamiento Kanban: el

aprovisionamiento de piezas procedentes de la mini fábrica de Ejes y engranajes y los movimientos de material que exige un cambio de modelo en la línea de montaje.

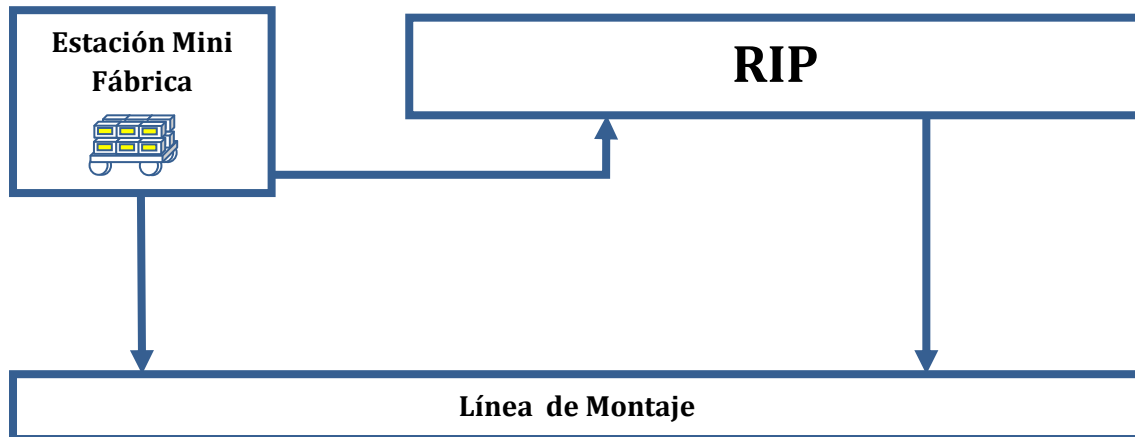


Figura 5.20: Proceso de reposición directa e indirecta

En la figura anterior, podemos observar como el material sigue dos procesos distintos desde que sale de la estación del tren. El tipo de embalaje determina si el material es ubicado directamente a la línea de montaje o debe almacenarse en el RIP como paso intermedio.

De este modo, a partir de ahora hablaremos de reposición directa, si el material se repone directamente a la línea desde la estación del tren; y reposición indirecta, si este debe ser almacenado previamente en el RIP como paso intermedio a su reposición en la línea.

2.2.1 PROCESO DE REPOSICIÓN DIRECTA

Este proceso de reposición va destinado a referencias con embalaje de manipulación manual que se ubican en estantería dinámica dentro de la línea de montaje. Este tipo de referencias, dispone del espacio suficiente en la línea de montaje para almacenar el número de bultos que supone cubrir el stock mínimo necesario, por lo que no es necesario un almacenaje previo.

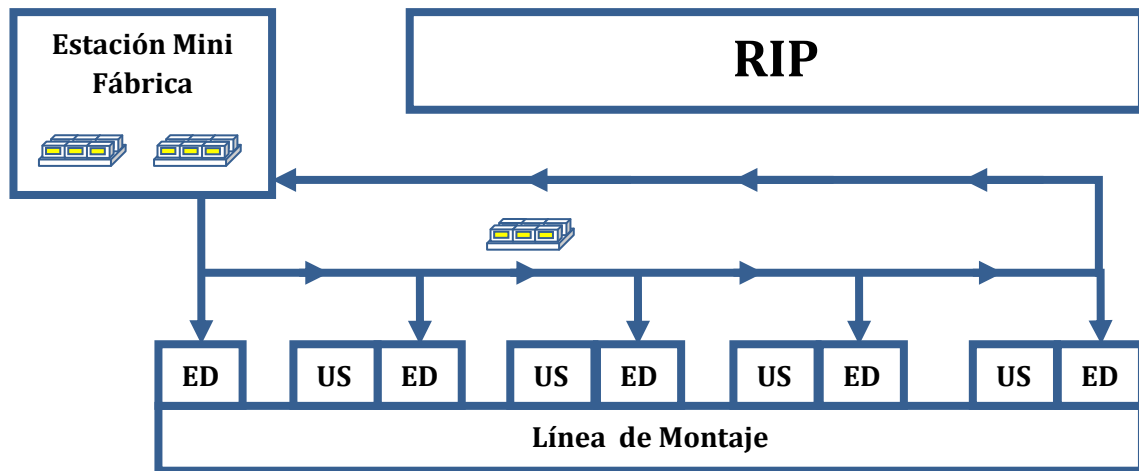


Figura 5.21: Proceso de Reposición de estantería dinámica desde la estación de tren.

Como veíamos en apartados anteriores, los pedidos de este tipo de referencias, son preparados por el operador logístico en pallets con distintas referencias de la misma línea. De este modo, se reduce el número de movimientos necesarios para reponer todas las referencias del pallet.

El operario de logística descarga uno de estos pallets del vagón con la transpaleta y recorre la línea de montaje reponiendo cada una de las referencias que contiene.

2.2.2 PROCESO DE REPOSICIÓN INDIRECTA

Este proceso de reposición va destinado a referencias con embalaje de manipulación mecánica y mixta que se ubican, tanto en estantería dinámica como en ubicación de suelo dentro de la línea de montaje.

Como vimos en apartados anteriores, el tamaño o la cantidad de este tipo de embalajes no permitían almacenar el stock mínimo necesario en la línea de montaje. Por este motivo, estas referencias disponen de una única ubicación en la línea, que se surte del material almacenado en estanterías (RIP), situadas fuera de la línea de montaje.

De este modo, este proceso consta de dos pasos:

- ✓ Reposición del RIP desde la estación del tren
- ✓ Reposición de la línea desde el RIP

2.2.2.1 REPOSICIÓN DEL RIP DESDE LA ESTACIÓN DEL TREN

El operario de logística utiliza una carretilla mecánica para trasladar los bultos con embalaje de manipulación mecánica o mixta desde la estación del tren hasta su ubicación en el RIP. La ubicación de cada referencia consta en la tarjeta Kanban que lleva cada bulto.

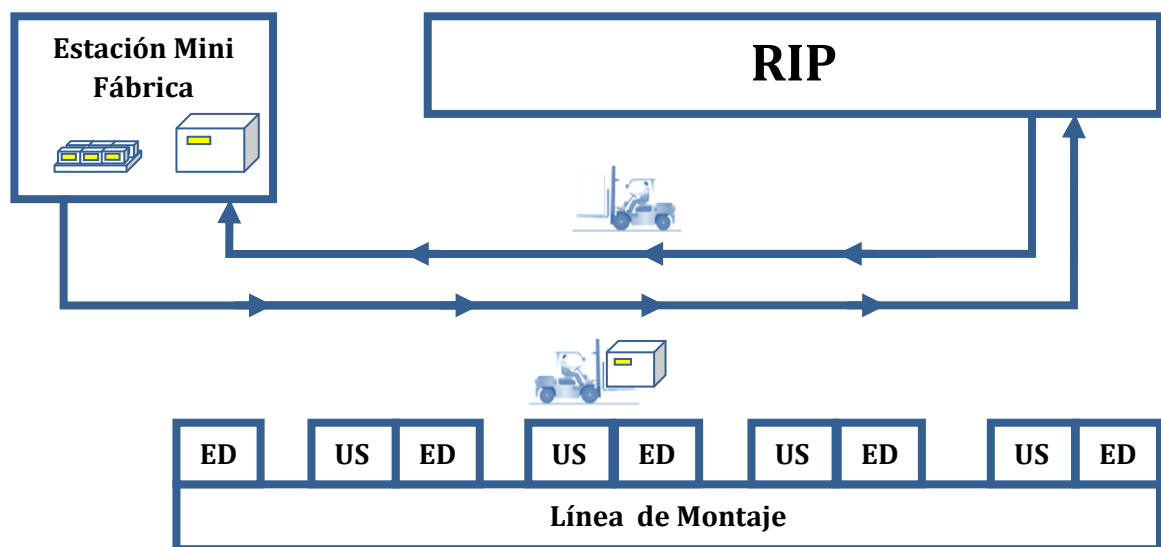


Figura 5.22: Proceso de Reposición del RIP desde la estación de tren.

En cada viaje, el operario puede cargar un único bulto y vuelve de vacío a la estación de tren para descargar otro bulto.

2.2.2.2 REPOSICIÓN DE LA LÍNEA DESDE EL RIP

La reposición de la línea de montaje desde el RIP se realiza en el momento que se acaba el material de la única ubicación que tiene cada referencia de este tipo en la línea de montaje.

Aunque el personal de logística es el encargado del movimiento de material, logística es incapaz de saber el momento en el que se termina el material de la línea de montaje. Por este motivo, es el operario de línea el que se ocupa de la reposición desde el RIP de su puesto de montaje.

Este proceso de reposición varía para embalajes de manipulación mecánica que disponen de una ubicación de suelo en la línea de montaje; y embalajes de manipulación mixta, que en esta última fase son manipulados manualmente para ser ubicados en estantería dinámica.

MATERIAL CON EMBALAJE DE MANIPULACIÓN MECÁNICA

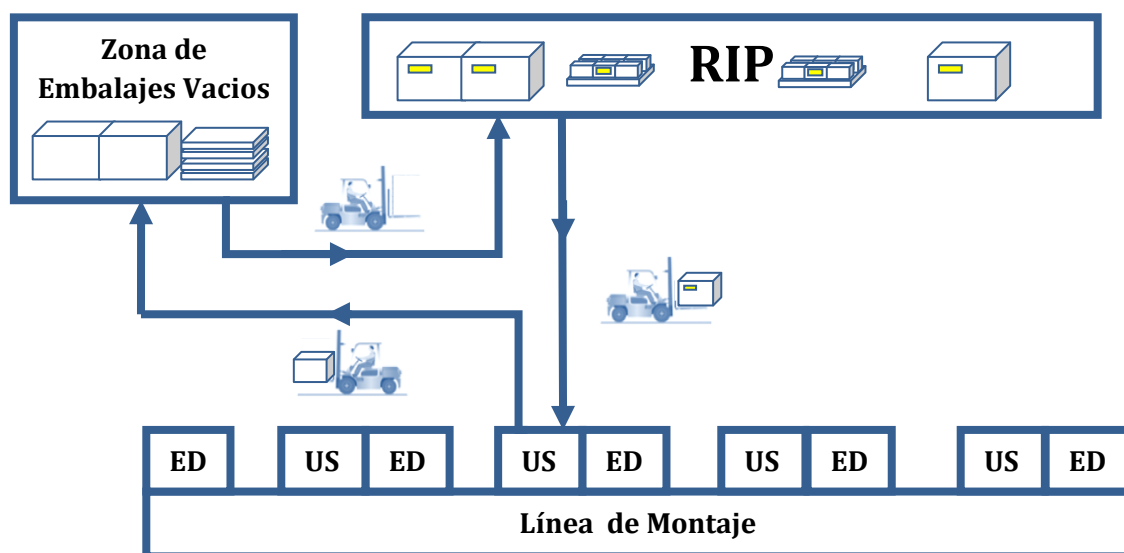


Figura 5.23: Proceso de Reposición de ubicaciones de suelo desde el RIP.

En el momento que se termina el bulto ubicado en la línea de montaje y tras haber depositado la tarjeta kanban en el buzón, el operario de la línea de montaje retira el bulto vacío con una carretilla mecánica. El embalaje vacío es llevado a una zona situada en el exterior de la mini fábrica, donde se clasifican y se verifican para ser reutilizados.

Tras descargar el embalaje vacío, el operario se dirige a la ubicación de de RIP de la referencia, carga un bulto y lo lleva a su ubicación de suelo de la línea.

MATERIAL CON EMBALAJE DE MANIPULACIÓN MIXTA

Es en este punto, a partir del cual el embalaje de manipulación mixta pasa a ser manipulado manualmente.

Este tipo de material dispone de una ubicación en estantería dinámica dentro de la línea de montaje. Como dijimos, esta ubicación dispone de espacio para ubicar varios bultos, pero resulta insuficiente para ubicar el stock mínimo necesario.

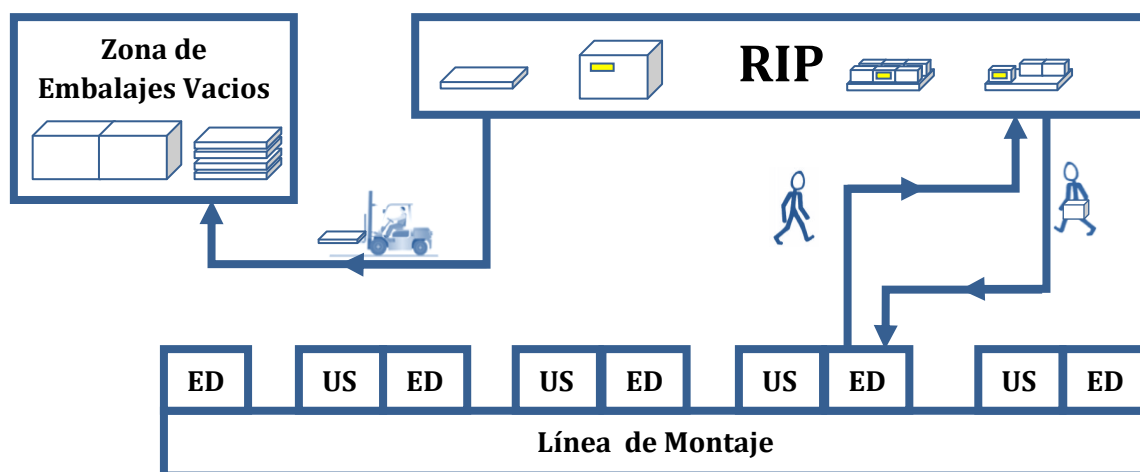


Figura 5.24: Proceso de Reposición de estantería dinámica desde el RIP.

En el momento que se termina el material de la ubicación de estantería dinámica de la línea de montaje, el operario del puesto se desplaza caminando al RIP, de donde toma un bulto manualmente y lo lleva a la línea de montaje. Este tipo de referencias, son ubicadas en la parte inferior de los RIPs, para que el operario pueda alcanzarlos con facilidad. Esta operación, la realiza tantas veces como bultos quepan en la ubicación de la estantería dinámica de la línea.

En el momento que se termina el bulto del RIP, el operario de la línea echa la tarjeta kanban al buzón, carga el embalaje vacío con una carretilla y lo lleva a la zona de embalajes vacíos.

2.2.3 APROVISIONAMIENTO DE REFERENCIAS DE E&E

El aprovisionamiento de piezas procedentes de la mini fábrica de ejes y engranajes, no sigue el sistema de aprovisionamiento Kanban

Todas las referencias procedentes de ejes y engranajes utilizan el mismo embalaje, la bandeja galvanizada. Por lo tanto debe ser manipulada por medios mecánicos y dispone de una única ubicación en la línea de montaje. Pero a diferencia de las piezas procedentes del almacén de entrada, no es necesario disponer de stock en la mini fábrica almacenado en el RIP. Estas referencias son almacenadas en la propia mini fábrica de ejes y engranajes, a la espera de que sean necesarias en la mini fábrica de cajas pesadas.

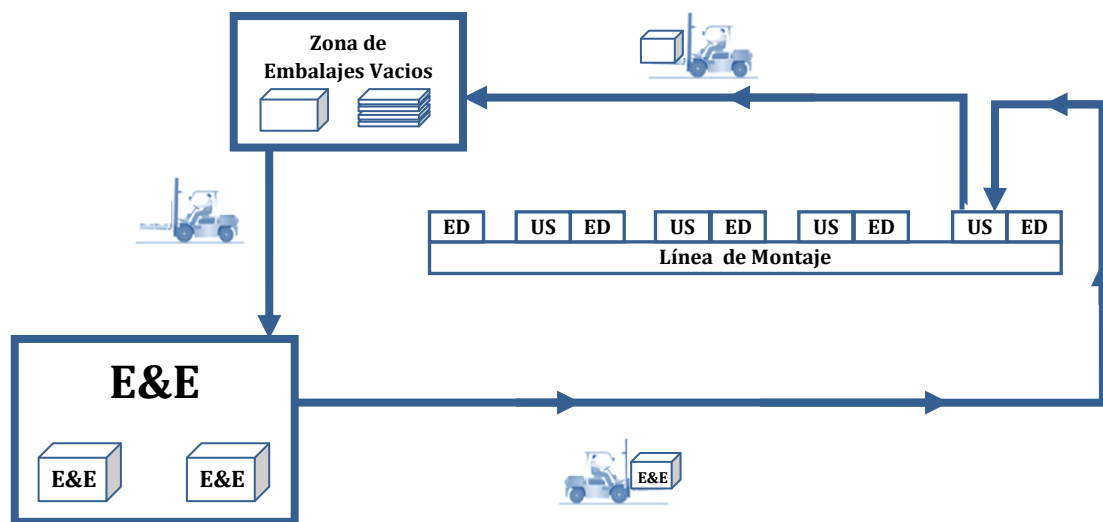


Figura 5.25: Proceso de reposición de referencias procedentes de ejes y engranajes

Cuando se termina el bulto de la línea de montaje, el operario de la línea, tras haber depositado el embalaje vacío en su zona correspondiente, se dirige con una carretilla mecánica a la mini fábrica de ejes y engranajes. En la mini fábrica, recoge el material de su correspondiente ubicación y lo lleva a su ubicación de suelo en la mini fábrica de cajas pesadas.

Este tipo de reposición, supone mucho tiempo, por lo que el número de piezas por bandeja es muy alto para que tenga que hacerse el menor número de veces posible.

2.3 SET UP DE LA LÍNEA POR CAMBIO DE MODELO

El set up es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la línea para proceder al cambio de modelo de caja de transmisión, hasta que la línea empieza a fabricar la primera unidad del siguiente modelo en las condiciones normales de tiempo y calidad. En el caso de la línea Prodrive, todas las operaciones necesarias para cambiar de modelo, son movimientos de material.

Estos movimientos se deben a la existencia de ubicaciones de suelo compartidas dentro de la línea de montaje. Es decir, referencias con ubicación de suelo pertenecientes a modelos diferentes, son intercambiadas en una misma ubicación, según se monte un modelo u otro.

La causa de que varias referencias compartan ubicación, es la falta de espacio en la línea para que ambas referencias tengan su propia ubicación. Por este motivo, este caso solo se da en referencias cuyo embalaje es de gran tamaño, es decir, con embalaje manipulable mecánicamente y ubicación de suelo.

Aunque estas operaciones no formen parte del proceso de aprovisionamiento, se basan en movimientos de material, cuyo responsable en última instancia es el departamento de logística. Además, la eliminación de las repercusiones que tienen estas operaciones y que trataremos más adelante, forma parte de los objetivos de mejora de nuestro proyecto

A continuación, se muestra el proceso que implica un cambio de modelo en la línea de montaje.

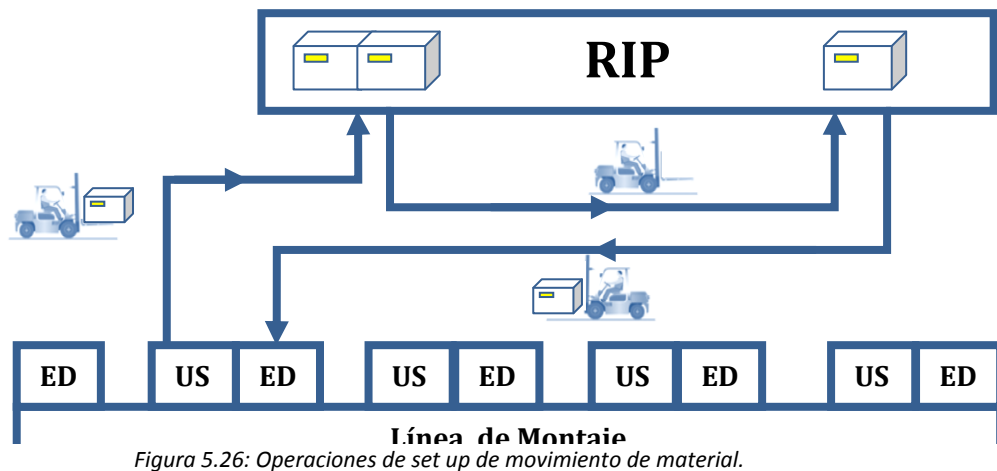


Figura 5.26: Operaciones de set up de movimiento de material.

El proceso es realizado por los operarios de la línea de montaje, ocupándose cada uno de las referencias de su propio puesto.

El operario carga con la carretilla el bulto ubicado en la línea de montaje y lo lleva a su ubicación de RIP. Después, se dirige a la ubicación de la referencia que sustituye a la anterior, carga un bulto y lo lleva a la ubicación de la línea de montaje.

Todas estas operaciones, suponen un incremento de los tiempos de cambio de la línea (tiempos de set up), que influyen en gran medida en la flexibilidad de la línea.

VI

ANÁLISIS DEL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO ACTUAL

Una vez conocido en el proceso de aprovisionamiento que rige actualmente, debemos profundizar en el mismo para evaluar su eficiencia.

Para ello, en este capítulo trataremos de desvelar los despilfarros que se generan, sus causas y consecuencias, a partir de un exhaustivo análisis de la situación actual de la línea de montaje.

A partir de este capítulo, limitaremos nuestro estudio a una única línea de montaje, la *Prodrive*, dado que el plan del proyecto y sus resultados son extrapolables al resto de las líneas de montaje.

El capítulo consta de cuatro puntos:

- ✓ Situación actual de la línea de montaje
 - ✓ Estudio logístico de la línea
 - ✓ Análisis de la situación actual de la línea
 - ✓ Conclusiones de nuestro análisis
-

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE MONTAJE

Actualmente, la línea de montaje Prodrive produce 7 modelos distintos de caja de transmisión. Aunque su finalidad dentro de la cosechadora es la misma, cada modelo ofrece distintas prestaciones que se amoldan a las necesidades de cada uno de los clientes John Deere.

En septiembre de 2011, entraron en producción dos nuevos modelos de caja pertenecientes al proyecto denominado Andrómeda. La incorporación a la producción de las nuevas cajas, supuso un incremento del 25% del número de referencias que se montan en la línea, que exigía un aumento proporcional del espacio necesario para ubicar el stock mínimo necesario dentro de la línea, del que no se disponía.

Ingeniería de planta, departamento encargado diseño del layout del las líneas de montaje, ante la falta de espacio, adoptó dos soluciones que permitían disponer del stock mínimo necesario en la mini fábrica:

- ✓ Utilización de embalajes mixtos para referencias con ubicación en estantería dinámica.
- ✓ Establecimientos de ubicaciones de suelo compartidas en la línea de montaje.

Estas soluciones, tenían como objetivo disponer del material en el RIP en vez de ubicarlo en la línea donde el espacio era limitado.

1.1 INCIDENCIA SOBRE EL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO

Aunque estas soluciones resultaban eficaces en primera instancia, reduciendo el espacio necesario para la ubicación del material en la línea de montaje, su implantación incidía de forma negativa en el proceso de aprovisionamiento de la línea, convirtiéndolo en un proceso lleno despilfarros.

Estos despilfarros, vienen dados por un incremento de los procesos más ineficientes, que implican un **aumento significativo de los movimientos necesario para reponer el material**.

AUMENTO DE PROCESOS DE REPOSICIÓN INDIRECTA

El hecho de utilizar embalajes mixtos para referencias con ubicación en estantería dinámica, permite almacenar todo el material para cumplir con el stock mínimo necesario en el RIP, ocupando el mínimo espacio dentro de la línea (una única ubicación).

Pero la utilización de este tipo de embalajes, convierte un proceso de reposición directa desde la estación del tren a la estantería dinámica; en un proceso de reposición indirecta, que implica una doble manipulación del material, del la estación del tren al RIP y del RIP a la estantería dinámica.

Además, el incremento de los movimientos de material que supone pasar de un proceso de reposición directa a indirecta, **recae sobre los operarios de la línea** de montaje, que deben desplazarse al RIP para reponer la ubicación de la línea.

AUMENTO DE LAS OPERACIONES DE SET UP

Del mismo modo, la utilización de ubicaciones de suelo compartidas, permite reducir a la mitad el espacio necesario en la línea para este tipo de referencias, pero implica realizar los movimientos de material descritos anteriormente, en el momento que la línea cambia de modelo.

Estos movimientos, además de **recaer de nuevo sobre los operarios de la línea**, serían innecesarios si cada referencia en esta situación, tuviera asignada su propia ubicación de suelo dentro de la línea.

1.2 INCIDENCIA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

El estándar de actuación de los operarios de la línea de montaje, son cada una de las operaciones que deben realizar para producir una unidad de producto

terminada, según el método y el equipo instalado. Cada una de las operaciones establecidas en el estándar aporta valor al producto.

Las operaciones de movimiento de material, no aportan valor al producto, por lo que no se encuentran dentro del estándar de los operarios de montaje. Por lo tanto, el tiempo que destinan a realizar las reposiciones descritas anteriormente, se considera tiempo improductivo que genera ineficiencias en el proceso productivo de la línea.

La línea de producción solo está equilibrada en su último tramo, el montaje final. Los puestos previos de pre montaje, no se encuentran dentro del equilibrado, sino que se amoldan a las necesidades de la línea, en función del personal disponible, teniendo la capacidad de almacenar un stock de subconjuntos.

Al no existir un equilibrado en toda la línea, resulta imposible determinar cómo afecta el global de los tiempos de movimiento de material a la productividad de la línea.

Pero los operarios de la línea de montaje tienen entre sus funciones, realizar una estimación al final de cada turno de la incidencia de toda operación que hayan tenido que realizar que no se encuentre en su estándar, y que por lo tanto haya incidido negativamente a la productividad de la línea. Esta estimación, se da en forma de tiempo y se denomina tiempo de incidencia.

TIEMPOS DE INCIDENCIA POR MOVIMIENTO DE MATERIAL

El tiempo de incidencia de movimiento de material, nos da una estimación del tiempo que la línea ha dejado de producir a causa de los movimientos de reposición realizados por los operarios de línea.

A partir de los informes de incidencia, haciendo la media de una muestra de 50 turnos, obtenemos un **tiempo promedio de incidencia por movimiento de material de 0.33 horas/turno.**

Teniendo en cuenta la capacidad de la línea ($D_c = 16$ cajas/turno), podemos determinar la incidencia de los movimientos de material realizados por los operarios de la línea en la productividad, a través de una simple regla de tres:

$$\frac{16 \text{ Cajas}}{8 \text{ horas}} = \frac{X \text{ Cajas}}{7,67 \text{ horas}}$$

Siendo 7,67 el número de horas de un turno menos el tiempo de incidencia por movimiento de material.

Por lo tanto, obtenemos que $X = 15,34$ cajas. Es decir, la línea deja de producir **0.66 cajas cada turno** debido a los movimientos de reposición de material que realizan los operarios de la línea. Aunque puede resultar una cantidad baja, en la siguiente tabla mostramos su repercusión en la producción anual.

Cajas/turno	Cajas/día	Cajas/año
0,66	1,98	415,8

Tabla 6.1: Nº de cajas de transmisión que no se producen por tiempos de incidencia.

Por lo tanto, se dejan de producir aproximadamente 416 cajas al año, que supone un **6,5 % del volumen de producción anual de la línea**.

1.3 INCIDENCIA SOBRE LA FLEXIBILIDAD DE LA LÍNEA

El set up es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la línea para proceder al cambio, hasta que la línea empieza a fabricar la primera unidad del siguiente modelo en condiciones normales de tiempo y calidad. El intervalo de tiempo correspondiente es el tiempo de cambio.

En nuestro caso, este tiempo se ve incrementado por el establecimiento de ubicaciones compartidas, que obligan a realizar movimientos de material a la hora de cambiar de modelo.

Aunque este tiempo también está incluido en los tiempos de incidencia del apartado anterior, debemos destacarlo en particular, ya que no sólo incide sobre la productividad de la línea, sino también sobre su flexibilidad.

La necesidad de realizar cambios de material cada vez que se cambia de modelo, obliga al departamento de planificación a introducir lotes de producción más grandes para aumentar la productividad de la línea. El aumento de los lotes de producción genera stocks de productos terminados y limita la capacidad de actuación ante imprevistos.

2. ESTUDIO LOGÍSTICO DE LA LÍNEA

Antes de realizar cualquier tipo de análisis, debemos disponer de información cuantitativa, fiable y detallada de la situación actual de cada una de las referencias de la línea de montaje. Por este motivo, se ha realizado un exhaustivo estudio de la línea según los requerimientos de logística.

A continuación, desarrollaremos cada uno de los apartados que lo componen.

Referencia

A cada pieza se le asigna una referencia distinta de caracteres alfanuméricos, que permite gestionarla a lo largo del proceso productivo (Ej: CE21344, 19M7198,...).

Descripción de la pieza

Pequeña descripción de la pieza que permite conocer de qué tipo de material se trata (Ej: tornillo, suplemento, disco de freno,...).

Banco de montaje

Nos da información sobre el banco de montaje de cada referencia. Si una referencia se monta en varios puestos de montaje, aparecerá repetida tantas

veces como el número de bancos en el que se monte. De este modo, conoceremos la situación de la referencia en cada banco de montaje.

Procedencia

Permite conocer quien suministra la pieza a la mini fábrica, el almacén de entrada o la mini fábrica de ejes y engranajes.

Lista de Materiales (BOM)

Nos permite conocer el número de piezas que utiliza cada modelo de caja en cada puesto de montaje, de cada referencia.

Planificación Anual

Proporciona información del volumen de producción de cada modelo, para un horizonte temporal de un año.

Embalaje y Cantidad

Información relevante al tipo de embalaje de cada referencia y a la cantidad de piezas que contiene. En el caso de embalajes de manipulación mixta, contiene información tanto del embalaje grupal como del individual. Ej:

EMBALAJE INDIVIDUAL	QTY por Embalaje	EMBALAJE GRUPAL	EMB. IND /EMB. GRUP	QTY por Embalaje
Caja de Cartón	100	Pallet	13	1300

Ubicación

Nos informa de la ubicación del material ya sea en estantería dinámica o en el RIP. En caso de embalajes de manipulación mixta, proporciona la ubicación de

RIP del embalaje grupal y la ubicación de estantería dinámica del embalaje individual. Ej:

ESTANTERIA DINÁMICA	UBICACIÓN	RIP	UBICACIÓN
CPPRO0801	D2	CPRIP0304	A1A3

STOCK MÍNIMO NECESARIO

Nos permite conocer el número de piezas para cubrir las necesidades de dos días de máxima producción, como ya explicamos anteriormente.

Debido a que una misma referencia puede montar una cantidad de piezas distinta en cada modelo, tomamos la cantidad máxima para hacer el cálculo.

De este modo, el stock necesario para *Prodrive* sería:

$$Stock\ Min.\ Nec. = D_c \left(\frac{productos}{turno} \right) \times 3 \left(\frac{turnos}{día} \right) \times 2\ días \times N \left(\frac{piezas}{producto} \right)$$

NÚMERO DE BULTOS

Aunque el número de bultos suele ser igual al número de tarjetas, en el caso de embalajes de manipulación mixta, este no coincide ya que la tarjeta esta asignada al bulto grupal.

Por esta razón, este apartado nos permite conocer el número de bultos individuales para cubrir el stock mínimo necesario.

$$N^{\circ}\ de\ Bultos = \frac{Stock\ Min\ Necesario}{Cantidad\ por\ Bulto\ Individual}$$

El resultado de esta ecuación, lo redondearemos al mayor entero correspondiente.

Recordamos, que independientemente del stock mínimo establecido, los sistemas de aprovisionamiento de la mini fábrica, nos imponen la condición de que al menos halla 2 bultos en fábrica. De este modo, aunque con un único

bulto cumpliéramos con el *Stock Necesario*, sería necesario otro bulto más para cumplir los requerimientos del sistema. Por lo tanto:

$$N^{\circ} \text{ de Bultos} = \begin{cases} \frac{\text{Stock Necesario}}{\text{Cantidad por Bulto}} & \text{si } > 1 \\ 2 & \text{si } \leq 1 \end{cases}$$

NÚMERO DE TARJETAS

Este apartado nos proporciona el número de tarjetas asignado a una referencia, independientemente de su embalaje, a partir de los cálculos desarrollados en el capítulo anterior.

NÚMERO DE UBICACIONES

El número de ubicaciones que debemos dar a cada referencia depende del tipo de ubicación de la misma.

✓ *Nº DE UBICACIONES EN ESTANTERÍA DINÁMICA*

En función del número de embalajes de cada tipo que caben en una ubicación de estantería dinámica, ya expuesto anteriormente, se determina el número de ubicaciones de estantería dinámica necesarias para cada referencia. En el caso de embalajes no estándar, éste se determina físicamente.

Recordamos también, que el número de ubicaciones de estantería dinámica, para referencias con embalaje de manipulación mixta, siempre es una.

✓ *Nº DE UBICACIONES EN RIP*

En el caso de las referencias con ubicación de suelo en la línea, debemos calcular el número de ubicaciones de RIP necesarias.

Como ya sabemos, este tipo de referencias tienen una única ubicación en línea, y en algunos casos, debe compartir ésta con otra referencia. Por lo tanto, para este tipo de referencias se determinaran tantas ubicaciones de RIP como *Nº de Bultos* sean necesarios, restando una ubicación a aquellas referencias que no compartan ubicación en línea, al considerar ésta como una ubicación más.

$$N^{\circ} \text{ de Ubicaciones} = \begin{cases} N^{\circ} \text{ de Bultos} - 1, & \text{si no comparte ubicación} \\ N^{\circ} \text{ de Bultos}, & \text{si comparte ubicación} \end{cases}$$

ROTACIÓN POR BULTO

La *rotación por bulto* nos permite conocer el numero de bultos, y por lo tanto el número de reposiciones, necesarios para cubrir la planificación anual de producción de una línea de montaje.

$$\text{Rotación por Bulto} = \frac{\sum_{i=0}^n (N^{\circ} \text{ de Piezas}_i \times \text{Producción Anual}_i)}{\text{Cantidad por Bulto}}$$

Siendo,

- ✓ $N^{\circ} \text{ de Piezas}_i$, el numero de piezas que se monta en el modelo i
- ✓ $\text{Producción Anual}_i$, producción anual del modelo i
- ✓ $i \in Z(1, n)$, el modelo de caja (*Prodrive* $n = 7$)

COBERTURA DE UN BULTO

Se denomina cobertura de un bulto, al número de días que es capaz de cubrir la cantidad de piezas de un bulto, trabajando la línea a su máxima capacidad de producción.

$$\text{Cobertura (días)} = \frac{\text{Cantidad por Bulto (piezas)}}{3 \left(\frac{\text{turnos}}{\text{día}} \right) \times D_c \left(\frac{\text{cajas}}{\text{turno}} \right) \times N \left(\frac{\text{piezas}}{\text{caja}} \right)}$$

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA

A partir de los datos obtenidos en nuestro estudio logístico y de los conocimientos adquiridos de forma empírica en el desarrollo del trabajo diario, a continuación realizaremos un análisis de la situación actual de la línea, que nos permita cuantificar para cada tipo de reposición, el alcance de su incidencia sobre el proceso de aprovisionamiento y sobre la productividad de la línea de montaje.

En todos los cálculos, consideraremos tres turnos al día y 210 días laborables al año que establece el calendario laboral de la empresa para el ejercicio 2011-12.

3.1 ANÁLISIS DE STOCK

En este punto, trataremos de enfrentar el stock de que disponemos actualmente en la mini fábrica, con los volúmenes de producción que establece la planificación anual. Además, trataremos de mostrar el impacto físico de la cobertura y la rotación del stock en la línea de montaje.

Como vimos anteriormente, el stock mínimo necesario en fábrica depende de la capacidad de la línea para producir un número determinado de cajas (D_c), como vemos en su fórmula de cálculo:

$$\text{Stock Min. Nec.} = D_c \left(\frac{\text{productos}}{\text{turno}} \right) \times 3 \left(\frac{\text{turnos}}{\text{día}} \right) \times 2 \text{ días} \times N \left(\frac{\text{piezas}}{\text{producto}} \right)$$

La línea de montaje Prodrive, objeto de nuestro estudio, tiene una capacidad (D_c) de 16 cajas de transmisión por turno de montaje. Por lo tanto, su stock mínimo necesario será:

$$\text{Stock Min. Nec.} = 98 \text{ productos} \times N$$

Es decir, existe **un stock en fábrica de cada referencia para producir 98 cajas de transmisión Prodrive.**

Pero, como veremos a continuación, que la línea tenga capacidad producir ese número de cajas de un determinado modelo, no quiere decir que en realidad se produzcan.

PLANIFICACIÓN ANUAL DE LA PRODUCCIÓN

Cada año, se establece un plan de producción en el que se determinan los volúmenes de producción de cada modelo basados en los requerimientos del cliente.

A continuación, mostramos los volúmenes de producción de cada modelo de Prodrive, para el ejercicio 2011-12:

Modelo	P_{anual} (2011-12)
DE20902	4725
DE19593	1130
DE20745	360
DE30150	180
DE20162	30
DE19592	0
DE20163	0

Tabla 6.2: Planificación anual 2011-12 de los modelos de Prodrive.

A simple vista, podemos observar la gran variabilidad existente entre los volúmenes de producción de los distintos modelos.

Cabe destacar los dos últimos modelos con un volumen de producción igual a cero (DE19592 y DE19163). Estos modelos de caja de transmisión son modelos de repuestos. Los modelos de repuestos son cajas de transmisión antiguas que ya no tienen requerimientos del cliente, pero que se producen bajo pedido como repuesto de antiguos modelos de cosechadora. El volumen de producción de estos modelos es ínfimo y en algunos casos nulo. Aun así, las referencias que pertenecen a estos modelos, siguen teniendo su ubicación en línea y cumplen con el stock mínimo necesario.

Otro caso digno de mencionar, es el modelo DE20162. Su volumen de producción para el ejercicio 2011-12 es de 30 cajas. Pero, del mismo modo que los modelos de repuestos, sus referencias cumplen con el stock mínimo necesario para producir 98 cajas de ese modelo.

Por lo tanto, existe en la mini fábrica un stock de las referencias exclusivas de estos modelos, superior al consumo de uno o varios años. Por lo tanto, existe un EXCESO DE STOCK.

Este hecho se debe a dos motivos:

- ✓ No existe un proceso establecido que permita ligar el stock a la producción de modelos de bajo volumen.
- ✓ Existe un miedo innato a no disponer del material en la línea en el momento en el que sea necesario producir estos modelos.

La consecuencia principal de mantener este stock en la mini fábrica, es la ocupación de un espacio que en estos momentos supone un aspecto crítico, debido a la continua incorporación de nuevos productos, y con ellos, la necesidad de ubicar referencias nuevas y de mayor consumo en la línea de montaje.

Además, el hecho de permanecer el material un largo periodo de tiempo en la línea de montaje sin consumirse, aumenta las probabilidades de que éste se deteriore o se pierda. Teniendo en cuenta que los pedidos de material a proveedores están basados en el stock que hay en fábrica, es posible que en base a un stock del que no se dispone, debido a su deterioro o a su pérdida, no se lancen los pedidos necesarios para cubrir las necesidades de producción.


Esta situación suele implicar pedidos urgentes a proveedores, retraso de los planes de producción y envío del producto terminado en avión para cumplir con las necesidades del cliente. Todas estas implicaciones suponen un aumento considerable del coste del producto.

ROTACIÓN VS COBERTURA

Los valores de rotación y cobertura están íntimamente ligados. Podemos observar su vinculación a través de sus fórmulas.

$$Rotación = \frac{\sum_{i=0}^n (N_i \times Panual_i)}{Cantidad\ por\ Bulto}$$

$$Cobertura = \frac{Cantidad\ por\ Bulto}{3 \times D_c \times N}$$


$$Rotación = \frac{k}{Cobertura}$$

Siendo k:

$$k = \frac{\sum_{i=0}^n (N_i \times Panual_i)}{3 \times D_c \times N}$$

Siendo constante si no varía la planificación anual o la capacidad de la línea.

Por lo tanto, podemos observar que la rotación es inversamente proporcional a la cobertura.

Pero hablar en estos términos, puede resultar abstracto. Conviene conocer que implicaciones físicas tienen estos parámetros en la gestión del material de la línea de montaje.

Como explicábamos anteriormente, la rotación de un bulto es el número de bultos necesarios para cubrir la planificación anual de producción teniendo en cuenta la cantidad del bulto. Del mismo modo, este valor nos da la información sobre el número de reposiciones o movimientos de material que deben realizarse de ese bulto en función de su cantidad. Es decir, cuanto mayor es la cantidad de un bulto, menor es su rotación, y por lo tanto, menor es el número de reposiciones que deben realizarse anualmente para su reposición, y viceversa.

La cobertura nos ofrece información sobre el número de días de producción que cubre la cantidad del bulto. A mayor cantidad por bulto mayor cobertura y viceversa. Pero aumentar la cantidad piezas por bulto en embalajes optimizados, exige aumentar el tamaño del embalaje, y como consecuencia, el espacio necesario para ubicar el material también debe aumentar. Es decir, al

aumentar el número de piezas por bulto, aumenta la cobertura por bulto, y por lo tanto aumenta el espacio necesario para ubicarlo.

En conclusión, cuando hablamos de **“Rotación Vs Cobertura”**, estamos hablando de **“Movimientos de material Vs Espacio”**. Es decir, reducir el espacio necesario en la línea para ubicar una referencia, implica aumentar el número de movimientos necesarios al año para reponerla, y viceversa; y la cantidad por bulto es el parámetro que nos permite declinarnos por uno u otro en función de nuestras necesidades.

Existen situaciones en la incidencia positiva de optar por uno de ellos, es mucho mayor que la incidencia negativa que provoca el otro. El parámetro que determina estas situaciones es el volumen de producción anual.

Para explicarlo pongamos un ejemplo. Sean 2 referencias genéricas X e Y, con el mismo embalaje y misma cantidad de piezas por bulto y que montan una única pieza en modelos distintos de caja de transmisión con distintos volúmenes de producción.

Referencias	QTY por Bulto	Piezas por caja	Volumen de Producción (cajas)
X	10	1	1000
Y	10	1	100

Según estos parámetros, los valores de rotación y cobertura por bulto de las referencias X e Y son:

Referencias	QTY por bulto	Rotación anual	Cobertura por bulto
X	10	100	10
Y	10	10	10

Si duplicamos la cantidad por bulto:

Referencias	QTY por bulto	Rotación anual	Cobertura
X	20	50	20
Y	20	5	20

Duplicando el número de piezas, duplicamos la cobertura del bulto, las dimensiones del embalaje y el espacio necesario en la línea para ubicarlo. Pero, aunque la rotación ha disminuido lógicamente a la mitad, duplicar la cantidad por bulto de la referencia X supone reducir 50 movimientos de reposición, mientras que duplicar la cantidad por bulto de Y, solo reduce 5 movimientos de reposición.

Teniendo el mismo efecto negativo (aumentar al doble el espacio necesario), la reducción de movimientos es 10 veces mayor en X que en Y.

Si reducimos a la mitad la cantidad por bulto:

Referencias	QTY por bulto	Rotación anual	Cobertura
X	5	200	5
Y	5	20	5

En este caso, ocurre exactamente lo contrario. Reduciendo a la mitad el número de piezas, reducimos a la mitad la cobertura del bulto, las dimensiones del embalaje y el espacio necesario en la línea para ubicarlo. Pero, aunque la rotación se ha duplicado, reducir a la mitad la cantidad por bulto de la referencia X supone aumentar 100 movimientos de reposición, mientras que duplicar la cantidad por bulto de Y, solo reduce 10 movimientos de reposición.

Teniendo el mismo efecto positivo (disminuir a la mitad el espacio necesario), el aumento de movimientos es 10 veces mayor en X que en Y.

Por lo tanto, el volumen de producción del modelo en el que monta, determina que acción es más beneficios, aumentar el espacio necesario para ubicar el material o reducir el número de movimientos. Y actuaremos sobre unos modelos u otros en función de nuestras necesidades.

3.2 ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS

Como vimos en el capítulo anterior, el número de reposiciones depende del proceso de reposición de cada referencia, y este, del tipo de embalaje o de su procedencia. En la siguiente figura, se muestra la proporción de referencias

teniendo en cuenta el tipo de embalaje y de su procedencia, que existe actualmente en la línea.

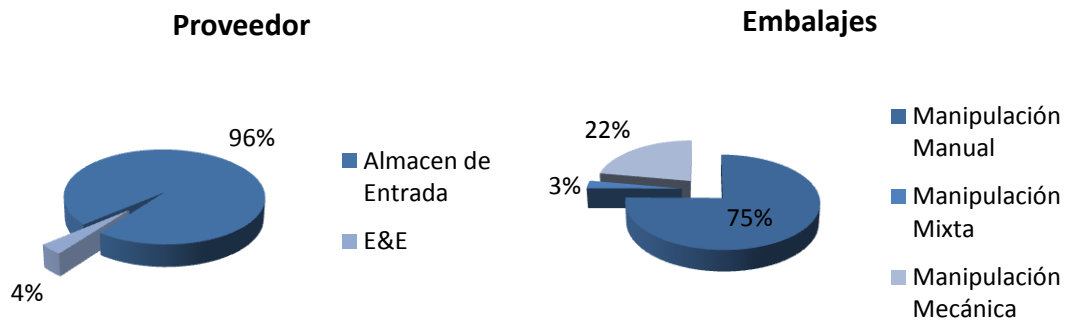


Figura 6.1: Proporción de referencias en función del proveedor y del embalaje

Podemos observar los bajos porcentajes de las referencias procedentes de la mini fábrica de ejes y engranajes frente a las procedentes del almacén de entrada, así como de los embalajes de manipulación mixta y mecánica frente a los embalajes de reposición manual.

En este análisis, demostraremos que pese a su reducido porcentaje, su incidencia sobre el sistema de aprovisionamiento y sobre la producción, es muy alta.

3.2.1 MOVIMIENTOS REALIZADOS POR EL OPERARIO DE LOGÍSTICA

Recordando el capítulo anterior, el operario de logística realizaba dos tipos de reposiciones desde la estación del tren de la mini fábrica:

- ✓ Reposición de las estanterías dinámicas con referencias con embalaje de manipulación manual.
- ✓ Reposición del RIP con referencias de embalaje de manipulación mecánica y mixta.

El número de reposiciones, viene dado por la rotación de cada referencia y a distintos criterios que atienden al tipo de reposición.

REPOSICIÓN DE LAS ESTANTERÍAS DINÁMICAS

Recordamos, que el material de este tipo viene paletizado del almacén de entrada. En un mismo pallet hay varios bultos de distintas referencias de una misma línea. El operario carga el pallet con una transpaleta y recorre caminando la línea, reponiendo el manualmente el material en las estanterías dinámicas.

Para calcular el número de movimientos, consideramos los siguientes criterios:

- ✓ El número medio de bultos por pallet es 15.
- ✓ Solo se dispone del operario de logística 2 turnos al día.

De este modo, el número de reposiciones totales al año, será la suma de la rotación por bulto de todas las referencias de embalaje manipulable manualmente, dividido entre 15 bultos de media por pallet.

Rotación total anual	Nº de Reposiciones/año	Nº de Reposiciones/día	Nº de Reposiciones/turno
21467,55	1431,17	6,815095238	3,407547619

Tabla 6.2: Nº de reposiciones de estantería dinámica desde la estación de tren.

Por lo tanto, el operario de logística realiza este tipo de reposición, aproximadamente 4 veces cada turno.

REPOSICIÓN DEL RIP

El operario de logística realiza la reposición del RIP de referencias con embalaje de manipulación mecánica y mixta, utilizando una carretilla elevadora. Los movimientos que realiza para la reposición de ambos tipos de embalaje son idénticos.

Para calcular el número de reposiciones de embalajes de manipulación mixta, en este caso consideramos la rotación del embalaje grupal.

De este modo, el número de reposiciones totales al año, es igual a la suma de la rotación por bulto de las referencias con embalaje manipulable mecánicamente,

más la suma de la rotación por bulto grupal de todas las referencias con embalaje de manipulación mixta.

Embalaje	Rotación total Anual	Nº de Reposiciones/año	Nº de Reposiciones/día	Nº de Reposiciones/turno
Manipulación Mecánica	4776,65	4776,65	22,74595238	11,37297619
Manipulación Mixta	879,02	879,02	4,185809524	2,092904762
Total	5655,67	5655,67	26,9317619	13,46588095

Tabla 6.3: Nº de reposiciones de RIP desde la estación de tren.

Por lo tanto, el operario de logística realiza este tipo de reposición, aproximadamente 14 veces cada turno.

3.2.2 MOVIMIENTOS REALIZADOS POR EL OPERARIO DE LA LÍNEA DE MONTAJE

Los operarios de la línea de montaje realizan tres tipos de movimientos de reposición:

- ✓ Reposición de ubicaciones de suelo desde el RIP de embalajes de manipulación mecánica.
- ✓ Reposición de estanterías dinámicas desde el RIP de embalajes de manipulación mixta.
- ✓ Reposición de referencias procedentes de la mini fábrica de ejes y engranajes.

Además, realizan los movimientos de intercambio de material, de aquellas referencias que comparten una misma ubicación de suelo dentro de la línea, cada vez que se cambia de modelo de caja de transmisión.

REPOSICIÓN DE UBICACIONES DE SUELO

Cada operario repone las ubicaciones de suelo de su puesto de montaje desde el RIP, de referencias con embalaje de manipulación mecánica.

En este caso, el número de reposiciones que debe realizar el operario de la línea, es el mismo que realiza el operario de logística para reponer el RIP.

Rotación Total Anual	Nº de Reposiciones/año	Nº de Reposiciones/día	Nº de Reposiciones/turno
4776,65	4776,65	22,74595238	11,37297619

Tabla 6.4: Nº de reposiciones de ubicaciones de suelo desde el RIP.

Es decir, entre todos los operarios de la línea de montaje, realizan aproximadamente 12 reposiciones de este tipo al turno.

REPOSICIÓN DE ESTANTERÍA DINÁMICA

El operario repone las estanterías dinámicas desde el RIP, de las referencias con embalaje de manipulación mixta de su puesto de montaje. Además, debe retirar el embalaje grupal vacío del RIP una vez este se termine.

Por este motivo, dividimos este tipo de reposición en dos, calculando el número de reposiciones según los siguientes criterios:

- ✓ El número de reposiciones de estantería dinámica se calculara según la rotación del bulto individual
- ✓ El número de veces que retira el embalaje grupal vacío se calculará según la rotación del bulto grupal.

Embalaje	Rotación Total Anual	Nº de Reposiciones/año	Nº de Reposiciones/día	Nº de Reposiciones/turno
Grupal	879,02	879,02	4,185809524	2,092904762
Individual	9693,78	9693,78	46,16085714	23,08042857

Tabla 6.5: Nº de reposiciones de estantería dinámica desde la RIP.

Por lo tanto, entre todos los operarios de la línea de montaje reponen las estanterías dinámicas 23 veces al turno, y deben retirar el embalaje grupal vacío 2 veces al turno.

REPOSICIÓN DE REFERENCIAS DE E&E

El operario de línea, repone las referencias procedentes de ejes y engranajes de su puesto de montaje. Éste debe desplazarse hasta la mini fábrica de ejes y engranajes donde el material se encuentra almacenado.

Debido a la larga distancia que debe recorrer el operario de línea para reponer este tipo de referencias, su cobertura por bulto es muy alta para disminuir su rotación, y por lo tanto, el número de reposiciones al año.

Rotación Total Anual	Nº de Reposiciones/año	Nº de Reposiciones/día	Nº de Reposiciones/turno
278,42	278,42	1,325809524	0,662904762

Tabla 6.6: Nº de reposiciones de referencias procedentes de la mini fábrica de ejes y engranajes

Por lo tanto, entre todos los operarios de la línea de montaje deben desplazarse aproximadamente una vez al turno, a la mini fábrica de ejes y engranajes.

MOVIMIENTOS DE SET UP

Los movimientos de set up, como mencionamos anteriormente, no son un tipo de reposición. Consisten en intercambios de material de referencias con ubicación de suelo compartida, en función del modelo que se vaya a producir.

Por este motivo, el cálculo de movimientos no se realiza a partir de la rotación de los bultos, sino que se tienen en cuenta otros parámetros:

- ✓ Nº de ubicaciones compartidas de la línea
- ✓ Promedio de cambio de modelo anual de la línea.

Actualmente en la línea existen 12 ubicaciones compartidas. Es decir, cada vez que la línea cambia de modelo, los operarios de la línea deben intercambiar 12 bultos de estas ubicaciones, con sus homólogos que se encuentran en el RIP.

Para conocer el número de veces al año que se realiza un cambio de modelo, hemos realizado observaciones durante un mes, que nos han llevado a una cifra promedio de 0.92 cambios de modelo al día.

A partir de estos datos, podemos calcular el número de intercambios de material anual, que se realizan en la línea de montaje por cambiar el modelo de producto.

Cambios de modelo/año	Cambios de modelo/día	Cambios de modelo/turno	Nº de intercambios/cambio	Nº de intercambios/año
193,2	0,92	0,306	12	2318.4

Tabla 6.7: Nº de reposiciones de estantería dinámica desde la RIP.

3.3 ANÁLISIS DE TIEMPO IMPRODUCTIVO

Denominábamos tiempo improductivo a la suma de los tiempos de las operaciones de movimiento de material realizadas por los operarios de línea.

A partir del número de reposiciones de cada tipo calculadas en el análisis anterior y estableciendo un tiempo unitario para cada reposición, podemos estimar el tiempo improductivo real que estas operaciones suponen.

Los tiempos unitarios de cada tipo de reposición, se han extraído del estudio realizado en otra línea, que incluye el movimiento de material dentro del estándar de los operarios.

Tipo de Reposición		Tiempo unitario		Tiempo de Improductivo		
		horas	minutos	horas inc/año	horas inc/día	horas inc/turno
Manipulación mecánica		0,146	8,778	698,823	3,327	1,109
Manipulación Mixta	mecánica	0,074	4,47	65,486	0,311	0,103
	manual	0,008	0,5	80,781	0,384	0,128
E&E		0,313	18,81	87,281	0,415	0,138
Set up		0,0745	4,47	172,720	0,822	0,298
TOTAL				1105,094	5,262	1,754

Tabla 6.8: cálculo del tiempo improductivo total.

Por lo tanto, la suma de todos los tiempos que los operarios de línea destinan al movimiento de material, es de 1105.094 horas al año.

3.4 ANÁLISIS DE COSTE

El hecho de que los operarios de la línea de montaje realicen operaciones que se encuentran fuera de su estándar y que se encuentran por debajo de su nivel de cualificación supone un coste para la empresa.

Para calcular este coste, debemos tener en cuenta el salario de un operario de línea y el tiempo improductivo por movimiento de material calculado en el apartado anterior.

Estimando un salario bruto de 40.000€ al año (incluyendo incentivos), obtenemos:

Salario Bruto/año	Salario Bruto/día	Salario Bruto/hora	Horas Improductivas/año	Coste de tiempo improductivo/año
40.000,00 €	190,48 €	23,81 €	1105.094	26.311,78 €

Tabla 6.9: Cálculo del coste del tiempo improductivo.

Es decir, el coste de los movimientos de reposición realizados actualmente por los operarios de la línea de montaje, asciende a 26.311,78€ al año.

A este coste de personal, habría que añadirle el coste que supone el dejar de producir 415,8 cajas al año, por la improductividad generada.

3.5 ANÁLISIS DE DISTANCIA

Cada vez que se implanta un nuevo producto en la línea, se deba asignar ubicaciones a todas sus referencias. Hasta este momento, a la hora de asignar ubicaciones simplemente se buscaba la ubicación libre más cercana al punto de consumo. De este modo, referencias con mayor antigüedad y con menor consumo actual, tienen una posición favorecida respecto a referencias nuevas con un consumo actual mucho mayor.

Además, la entrada en producción de nuevos productos, suele venir acompañadas de cambios en los procesos productivos, que implican modificaciones de los puntos de consumo de varias referencias.

Aunque numéricamente no tendremos en cuenta las distancias del material al punto de consumo, ya que son relativamente pequeñas, su reducción entra dentro de los objetivos de este proyecto.

Para determinar la situación actual en la que se encuentra la línea de montaje, se ha elaborado un plano en el que podemos observar la posición relativa de cada referencia a su punto de consumo.

Para obtener una visión lo más clara posible, se han asignado distintos colores a cada puesto de montaje. Cada referencia, ya sea de estantería dinámica o de suelo, va coloreada en función del banco en el que se monta.

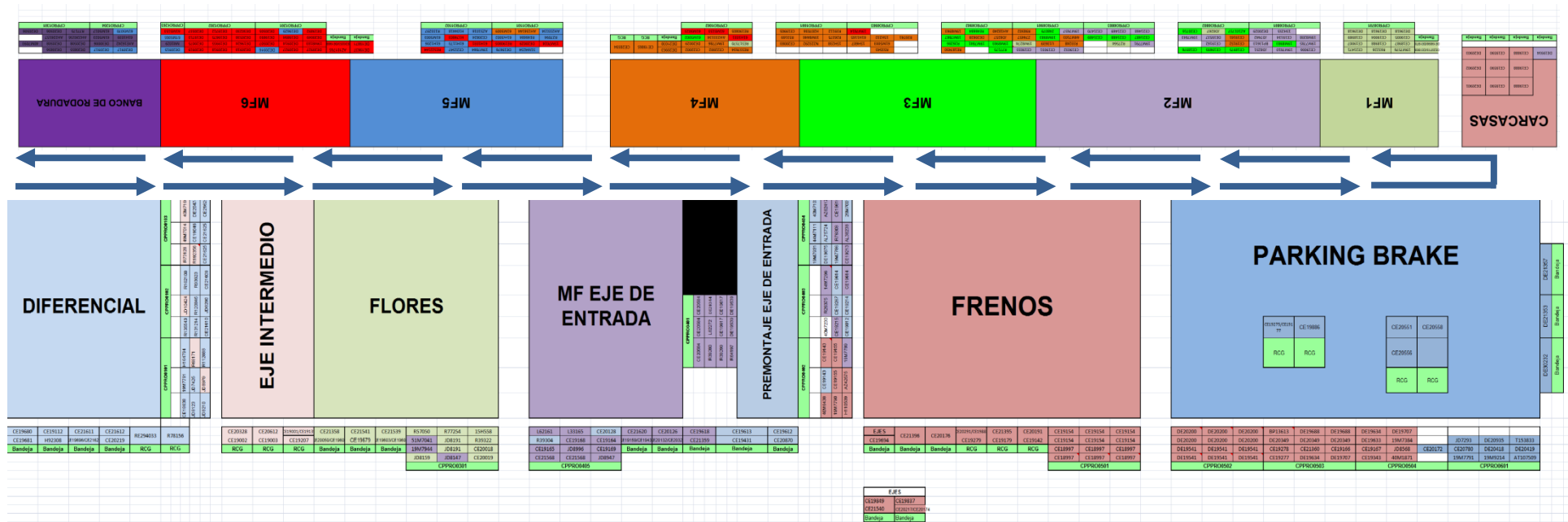


Figura 6.2: Distribución actual del material en la línea de montaje.

4. CONCLUSIONES DE NUESTRO ANÁLISIS

- ✓ La introducción de nuevos modelos en la línea de montaje Prodrive, ha colapsado la línea de material, generando ineficiencias en el proceso de aprovisionamiento de la línea que incide de forma negativa en la Productividad.
- ✓ La improductividad viene causada por el incremento de los movimientos de material de los operarios de la línea de montaje, entre cuyas funciones no se encuentran este tipo de operaciones.
- ✓ El tiempo que destinan los operarios de la línea en realizar operaciones de movimiento de material, se considera tiempo improductivo y asciende a 1105,94 horas al año.
- ✓ El coste de estas horas improductivas supone para la empresa 26.511,78€ al año.
- ✓ La incidencia sobre la producción de estas ineficiencias, se calcula a través del tiempo de incidencia, que es la repercusión real de los tiempos improductivos sobre la productividad de la línea.
- ✓ El tiempo de incidencia asciende a 0,33 horas por turno de trabajo, que supone dejar de producir 415,8 cajas de transmisión al año.
- ✓ Las restricciones de stock impuestas por el sistema de aprovisionamiento Kanban, generan excesos de stock en referencias pertenecientes a modelos de bajo volumen de producción.
- ✓ Los cambios en el proceso de producción de la línea, no han ido acompañados de modificaciones en la ubicación de las piezas, que ha llevado a aumentar la distancia de las mismas a su punto de consumo.

VII

PROPUESTAS DE ACTUACIÓN Y RESULTADOS ESPERADOS

Las propuestas que presentamos, tienen como objetivo liberar espacio en las líneas de montaje, que permita realizar una restructuración integral de la ubicación del material en la línea de montaje, eliminando reposiciones de material ineficientes, así como su incidencia en el proceso de aprovisionamiento y en la producción, y reduciendo la distancia al punto de consumo.

En definitiva, su implantación supone una actualización del proceso de aprovisionamiento y de la ubicación del material en la línea de montaje, según las necesidades actuales

Tras la explicación de cada propuesta, determinaremos los resultados esperados de la misma, que a su vez serán condición necesaria para el desarrollo de las propuestas siguientes.

1. REDUCCIÓN DE STOCK EN LA MINI FÁBRICA

El exceso de inventario en una línea con falta de espacio para ubicar el material, hace que debamos replantearnos el proceso de aprovisionamiento para determinadas referencias.

A la vista de estas cifras expuestas en nuestro análisis, resulta inverosímil que todas las referencias, independientemente del volumen de producción del modelo al que pertenecen, tengan el mismo stock en las líneas de montaje.

En esta propuesta, trataremos de ajustar el stock de cada referencia al volumen de producción del modelo en el que se monta, con el objetivo de liberar espacio en la línea de montaje.

Para evitar estudiar cada referencia por separado, vamos a clasificar las referencias en tres niveles de stock que atienden al volumen de producción de los distintos modelos. Una vez agrupadas las referencias, determinaremos acciones específicas para cada grupo.

1.1 NIVELES DE STOCK

Consideraremos tres niveles: *Alto consumo*, *Bajo consumo* y *Repuestos*.

Bajo acuerdo con el resto de implicados en el proceso productivo, se han establecido los límites de cada nivel en función de los volúmenes de producción anual de la siguiente tabla.

Nivel	Volumen de Producción	Modelos
Alto consumo	$P_{\text{anual}} > 960$	DE20902, DE19593
Bajo consumo	$960 > P_{\text{anual}} > 98$	DE20745, DE30150
Repuestos	$P_{\text{anual}} < 98$	DE20162, DE19592, DE20163

Tabla 7.1: Modelos y rangos de producción de los distintos niveles.

El motivo de que esta clasificación sea aceptada por el resto de departamentos, es que las acciones correctivas que explicaremos a continuación y que aplicaremos a cada nivel, afectan directamente a las funciones de los mismos.

1.2 RETIRADA DEL STOCK DE MODELOS DE REPUESTOS

Como veíamos en nuestro análisis, las referencias pertenecientes a modelos de repuestos tenían un stock en las líneas de montaje superior al consumo de uno o más años.

Para solucionar el despilfarro de espacio que supone, se propone retirar todo el stock de material de la mini fábrica perteneciente a estos modelos, eliminando a su vez todas las ubicaciones que estas posean, ya sea en la línea o en el RIP, sacándolo del sistema *kanban* de aprovisionamiento.

Al retirar las referencias de estos modelos del sistema de aprovisionamiento *kanban*, debemos establecer un nuevo proceso que permita disponer del material en el momento que sea necesario.

NUEVO PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE MATERIAL DE REPUESTOS

Al igual que en capítulos anteriores, el proceso de aprovisionamiento se divide en dos partes:

✓ APROVISIONAMIENTO DE LA MINI FÁBRICA

El material permanecerá en el almacén de entrada, hasta que el éste sea solicitado por el encargado de logística de cajas pesadas.

El encargado de logística debe de ser informado con una semana de antelación por el departamento de planificación, sobre la fecha y el número de cajas de transmisión del lote del modelo de repuestos. La solicitud de pedido se hará a través de un petionario de cada referencia al almacén de entrada, por la

cantidad necesaria para la producción del lote. Un peticionario, no es más que una solicitud de pedido fuera de los sistemas de aprovisionamiento Kanban habitual.

Aunque la cantidad solicitada al almacén de entrada sea la cantidad exacta necesaria para producir el lote. El almacén de entrada redondea al alza en función de la cantidad del bulto para evitar reembalar.

El material será enviado paletizado a través de los medios habituales, pero identificado claramente como material de repuestos.

✓ APROVISIONAMIENTO DE LA LÍNEA

Una vez recibido en la mini fábrica, será clasificado por puesto de montaje y almacenado en estanterías RIP especiales hasta el día de montaje. En el momento previo a su montaje, el operario de logística ubica el material cerca de su puesto de montaje correspondiente.

Una vez terminado el montaje, el material sobrante es inventariado, precintado y ubicado en RIP. Este inventario será tenido en cuenta en futuros montajes a la hora de realizar los peticionarios.

El único requisito que exige este nuevo sistema de aprovisionamiento, es una comunicación fluida entre el departamento de logística y el departamento de planificación.

1.3 REDUCCIÓN DE EMBALAJE DE REFERENCIAS DE BAJO VOLUMEN

Se consideran referencias de bajo volumen pertenecientes a modelos cuya producción anual no supera las 960 cajas y no es inferior a 98 cajas.

En este punto, proponemos la reducción de embalajes de referencias de este nivel con ubicación de suelo, para liberar espacio en la línea en la línea de montaje.

Las referencias pertenecientes a este nivel, continúan dentro del sistema de aprovisionamiento Kanban, por lo que deben seguir cumpliendo con los requisitos de stock mínimo necesario.

Como veíamos en nuestro análisis, la disminución de la cantidad por bulto de en referencias pertenecientes a modelos de bajo consumo, tiene una gran incidencia en la disminución del espacio necesario, pero su repercusión en el número de reposiciones es relativamente baja. Por lo tanto, este tipo de referencias son las mejores candidatas a reducir el tamaño de sus embalajes, y con ello liberar espacio en la línea de montaje.

En la siguiente tabla, el estado de las referencias de stock de bajo consumo.

Referencia	Embalaje	QTY por Bulto	Stock Min. Nec.	Nº de Bultos Nec.	Rotación anual
CE19179	bandeja	252	196	1	3,09
CE19003	bandeja	235	98	1	1,53
CE19694	bandeja	24	196	5	32,5
CE19142	bandeja	200	196	1	7,8
DE19898	bandeja	100	98	1	3,6
CE19865	bandeja	170	98	1	2,29

Tabla 7.2: Características de referencias de stock de bajo consumo con embalaje de bandeja.

A simple vista, comprobamos que los niveles de rotación anual, o el número de reposiciones anuales, son ínfimos. Esto se debe en gran parte, a que las cantidades por embalaje son muy altas.

Este hecho, tiene como consecuencia que con un único bulto cubramos el stock mínimo necesario; y como el sistema Kanban de aprovisionamiento nos impone la condición de disponer al menos de bultos en fábrica (uno en la línea y otro en el RIP), el exceso de stock resulta más que evidente.

En el caso de la referencia CE19694, su QTY por bulto es muy reducida. Por lo que es necesario disponer de 5 bultos en fábrica para cubrir el stock mínimo necesario. Por este motivo, esta referencia quedara fuera de nuestra propuesta.

1.3.1 NUEVO EMBALAJE: MEDIA BANDEJA

En 2010, John Deere Ibérica homologó un nuevo tipo de embalaje, con el objetivo de disponer de un embalaje de tamaño intermedio. Este nuevo embalaje era la media bandeja, que como su propio nombre indica, volumen equivale al de media bandeja galvanizada.

Este nuevo embalaje, permite ubicar en un mismo soporte de suelo, dos referencias a la vez, lo que reduce a la mitad el espacio necesario para la ubicación de aquellas referencias que utilicen este embalaje.

Por lo tanto, realizaremos un cambio de embalaje de las referencias citadas anteriormente. Considerando que la cantidad de piezas que cabe en media bandeja, es exactamente la mitad de las que caben en una bandeja, obtenemos los siguientes resultados.

Referencia	Embalaje	QTY por Bulto	Stock Min. Nec.	Nº de Bultos Nec.	Rotación anual
CE19179	½ bandeja	176	196	2	4,43
CE19003	½ bandeja	117	98	1	3,07
CE19142	½ bandeja	100	196	2	7,8
DE19898	½ bandeja	50	98	2	7,2
CE19865	½ bandeja	85	98	2	4,58

Tabla 7.3: Características de referencias de nivel de bajo consumo con embalaje de media bandeja.

Podemos observar que los niveles de rotación se duplican. Pasan de 13,95 reposiciones al año a 27,9. Este incremento, supone un aumento porcentual de las reposiciones de embalajes de manipulación mecánica del 0.292% anual. Una incremento despreciable.

Sin embargo, reduciendo a la mitad el embalaje, liberamos tanto la línea como en el RIP, 2,5 ubicaciones de suelo que resultaran de gran utilidad. Además, el número de bultos necesarios en fábrica aumenta a 2 en la mayoría de los casos, lo que quiere decir que adecuamos el embalaje a las exigencias del sistema Kanban y reducimos el stock en fábrica a la mitad.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

El objetivo principal de esta propuesta es la liberación de ubicaciones en la mini fábrica, para afrontar el resto del proyecto. En la siguiente tabla se muestra el número de ubicaciones liberadas con las soluciones aportadas, según el tipo de ubicación y el puesto de montaje.

Banco de Montaje	Ubicaciones Liberadas		
	En Línea		RIP
	Estantería Dinámica	Suelo	
Diferencial	6	2	4
Eje Intermedio	0	2	2
Flores	0	3	11
Eje de Entrada	0	2	3
Frenos	4	3	9
Hidro	0	0	0
Carcasas	0	0	6
Montaje Final 1	1	0	0
Montaje Final 2	1	0	0
Montaje Final 3	4	0	0
Montaje Final 4	0	0	0
Montaje Final 5	8	0	0
Montaje Final 6	3	2	2
Banco de Rodaje	6	1	1
TOTAL	33	15	38

Tabla 7.4: Ubicaciones liberadas con la implantación de la propuesta.

Además de liberar ubicaciones que nos serán de gran utilidad para nuestro proyecto, la reducción de inventario proporciona otras muchas ventajas:

- ✓ Evitar pérdidas, desorden, accidentes,... causados por falta de espacio.
- ✓ Evitar degradación de las piezas por permanecer en fábrica sin ser consumidas
- ✓ Obtener una fábrica mucho más visual, que permita detectar errores, averías,... y permita corregirlos de forma rápida y sencilla.

2. REDISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL DE LA LÍNEA

Una vez liberado todo el espacio posible en la propuesta anterior, disponemos de ubicaciones vacías distribuidas por toda la línea. En este punto, debemos redistribuir el material en base a tres objetivos:

- ✓ Eliminar el proceso de aprovisionamiento indirecto de referencias con ubicación en estantería dinámica.
- ✓ Eliminar ubicaciones compartidas para eliminar operaciones de set up.
- ✓ Reducir la distancia del material al punto de consumo.

Debemos considerar, que en la mayoría de las ocasiones las ubicaciones liberadas en un puesto de montaje, no se ajustarán a las necesidades que nos permitan cumplir nuestros objetivos. Es decir, en un puesto de montaje en el que son críticas las ubicaciones de suelo, es posible que la propuesta anterior sólo haya liberado ubicaciones de estantería dinámica, o viceversa.

Es en este punto, donde juega un papel muy importante la creatividad del ingeniero. No se debe considerar el espacio de la línea como ubicaciones fijas y rígidas, sino como algo dinámico y flexible que debe amoldarse a las necesidades de cada puesto.

2.1 ELIMINAR REPOSICIÓN INDIRECTA DE REFERENCIAS DE ESTANTERÍA DINÁMICA

Como explicábamos anteriormente, la falta de ubicaciones en estantería dinámica, nos obliga a establecer el RIP como un paso intermedio a la hora de reaprovisionar las líneas de montaje de determinadas referencias. Estas referencias, se caracterizan por tener un gran consumo por caja o un bajo número de piezas por bulto, por lo que el número de bultos necesarios para cumplir con la política de stock es muy alto para darles ubicación en una línea carente de espacio.

El objetivo de esta propuesta, es convertir el proceso de reposición indirecta en directa. Es decir, eliminar el RIP como punto de almacenaje intermedio, llevando el material directamente a la línea desde la estación del tren. De este modo, obtenemos dos resultados:

- ✓ Eliminar un proceso de reposición ineficiente que implica dobles manipulaciones de material.
- ✓ Eximir al operario de la línea de realizar este tipo de reposición, con todo lo que conlleva.

Para cumplir este objetivo, debemos tener en cuenta dos factores:

- ✓ El espacio necesario para almacenar todo el material en las estanterías dinámicas de la línea.
- ✓ El incremento del número de tarjetas que supone modificar el proceso de aprovisionamiento.

2.1.1 CÁLCULO DE UBICACIONES NECESARIAS

Para poder eliminar el proceso de reposición indirecta, debemos disponer de todo el material en las estanterías dinámicas de la línea. En la siguiente tabla, se

muestran las ubicaciones de estantería necesarias para disponer del stock mínimo necesario de este tipo de referencias en la línea de montaje.

Referencias	QTY por bulto	Stock Min. Nec.	Nº de Bultos Nec.	Nº de Ubicaciones actuales	Nº de Ubicaciones Necesarias	Incremento de Ubicaciones
CE20584	50	784	16	1	3	2
DE20344	140	588	5	1	2	1
CE18997	12	980	82	1	6	5
CE19154	28	392	14	1	6	5
DE20200	28	1176	42	1	6	5
DE20349	28	980	35	1	6	5
19M7810	100	784	8	1	2	1
TOTAL	-	-	-	-	-	24

Tabla 7.5: Cálculo de ubicaciones de estantería dinámica necesarias para ubicar el material en la línea.

El número de ubicaciones necesarias es calculado físicamente en la línea, ya que estas referencias utilizan embalajes no estándar.

Por lo tanto, para ubicar en la línea todo el material necesario de estas referencias, necesitamos 24 ubicaciones más de las que existen actualmente.

Comprobamos que el número de ubicaciones necesarias es inferior al número de ubicaciones de estantería dinámica, liberadas en la propuesta anterior (32 ubicaciones). Como mencionábamos anteriormente, quizás las ubicaciones de estantería dinámica liberadas, no pertenezcan al mismo puesto de montaje de estas referencias. Pero si consideramos el espacio neto de la línea para la ubicación de material, podemos decir que esta propuesta es viable.

2.1.2 INCREMENTO DEL NÚMERO DE TARJETAS

Una vez comprobada la viabilidad de la propuesta, debemos de considerar las implicaciones que tiene ubicar el material en la línea de montaje.

Recordamos, que el proceso de reposición directa de estanterías dinámicas, implica que cada bulto lleve pegada su tarjeta kanban individual, de modo que

cuando se acaba el bulto, se deposita la tarjeta en el buzón y se sigue utilizando el siguiente bulto.

Si utilizáramos este mismo sistema para este tipo de referencias, es decir, asignar una tarjeta por bulto, el número de tarjetas se incrementaría considerablemente, dificultando el proceso de aprovisionamiento, aumentando los movimientos necesarios para reponer las líneas.

Para evitar el incremento de tarjetas que implica tener todo el material en la línea, proponemos la introducción de una variante en el proceso de aprovisionamiento Kanban.

SISTEMA KANBAN POR UBICACIÓN

A diferencia del proceso habitual en el que cada bulto lleva su propia tarjeta, para estos casos asignaremos un número de tarjetas igual al número de ubicaciones que tiene la referencia. El material será suministrado a la mini fábrica paletizado y con un número de bultos por pallet igual al número de bultos que cabe en una misma ubicación.

De este modo, el operario de la línea cogerá siempre material de la misma ubicación hasta que este se acabe. En ese momento, echará al buzón la tarjeta que estará pegada en el último bulto de la ubicación, y empezará a usar el material de la ubicación contigua.

En la siguiente tabla, se muestra la diferencia que implica utilizar el sistema kanban habitual o esta nueva variante.

Referencias	Nº de Bultos Nec.	Nº de Ubicaciones Nec.	Nº de Tarjetas Sistema Actual	Nº de Tarjetas Nuevo Sistema	Disminución de tarjetas
CE20584	16	3	16	3	13
DE20344	5	2	5	2	3
CE18997	82	6	82	6	76
CE19154	14	6	14	6	8
DE20200	42	6	42	6	36
DE20349	35	6	35	6	29
19M7810	8	2	8	2	6
TOTAL	-	-			171

Tabla 7.5: Cálculo del número de tarjetas necesarias.

Por lo tanto, disponemos de espacio necesario para ubicar el material del RIP a la línea, y esta nueva variante nos permite hacerlo sin incrementar el número de tarjetas.

2.2 ELIMINAR UBICACIONES COMPARTIDAS

Tras la retirada del material de repuestos y los cambios de embalaje presentados en la primera propuesta, liberamos 15 ubicaciones de suelo en la línea de montaje. Estas ubicaciones nos permiten eliminar las ubicaciones compartidas que existen actualmente en la línea de montaje.

En la siguiente tabla, se muestra la situación de partida en cada puesto de montaje, así como las ubicaciones liberadas en cada uno:

Puesto de Montaje	Nº de Ubicaciones	Ubicaciones compartidas	Ubicaciones liberadas
Diferencial	9	2	2
Eje Intermedio	6	1	2
Flores	6	2	3
Eje de Entrada	10	2	2
Frenos	10	2	3
Hidro	8	0	0
Carcasas	3	0	0
Montaje Final 1	2	0	0
Montaje Final 2	0	0	0
Montaje Final 3	0	0	0
Montaje Final 4	4	0	0
Montaje Final 5	0	0	0
Montaje Final 6	4	1	2
Banco de Rodaje	0	0	1
TOTAL	52	10	15

Tabla 7.6: Distribución de ubicaciones compartidas y liberadas por banco de montaje.

Podemos observar, que el número de ubicaciones liberadas en cada puesto, supera o iguala a las ubicaciones actualmente compartidas. Por lo tanto, podemos eliminar todas las ubicaciones compartidas de la línea de montaje.

En los casos en los que las ubicaciones liberadas superan a las compartidas, disponemos de un espacio extra en el banco de montaje, para ubicar una estantería dinámica en caso de que fuese necesario.

2.3 DIMINUCIÓN DE LA DISTANCIA DEL MATERIAL AL PUNTO DE CONSUMO

Una vez demostrada la viabilidad de los dos primeros objetivos, debemos redistribuir el material de la línea de montaje, acercándolo lo máximo posible al punto de consumo, teniendo en cuenta la liberación de espacio que nos aporta la implantación de la primera propuesta.

Como decíamos anteriormente, es aquí donde juega un papel muy importante la creatividad del ingeniero, que debe distribuir el espacio de cada puesto en función de las necesidades del mismo.

Aun así, debemos establecer unas directrices que no sirvan como guía a la hora de distribuir el material en la línea:

- ✓ La redistribución se hará puesto por puesto
- ✓ En cada puesto se dará preferencia en el orden de ubicación a las referencias de mayor consumo.
- ✓ Las referencias con ubicación de suelo tienen preferencia sobre las referencias con ubicación en estantería dinámica.
- ✓ Dentro de una misma estantería dinámica, se ubicará el material en función de su peso, ubicando en las baldas inferiores las referencias más pesadas y en las superiores las más ligeras.
- ✓ Al menos una de las estanterías dinámicas de cada puesto, debe disponer de una balda de retorno de embalajes vacíos.
- ✓ Se deben incorporar pasillos de entrada y salida de las líneas, en la medida de lo posible.

En función de estas directrices y de la propia experiencia adquirida por observación del funcionamiento de la línea, en la siguiente figura se muestra la propuesta de restructuración del material de la línea de montaje.

Al igual que el plano del capítulo anterior, los puestos de montaje y las referencias que se montan en los mismos, están diferenciados por colores para obtener una imagen visual de la mejora.

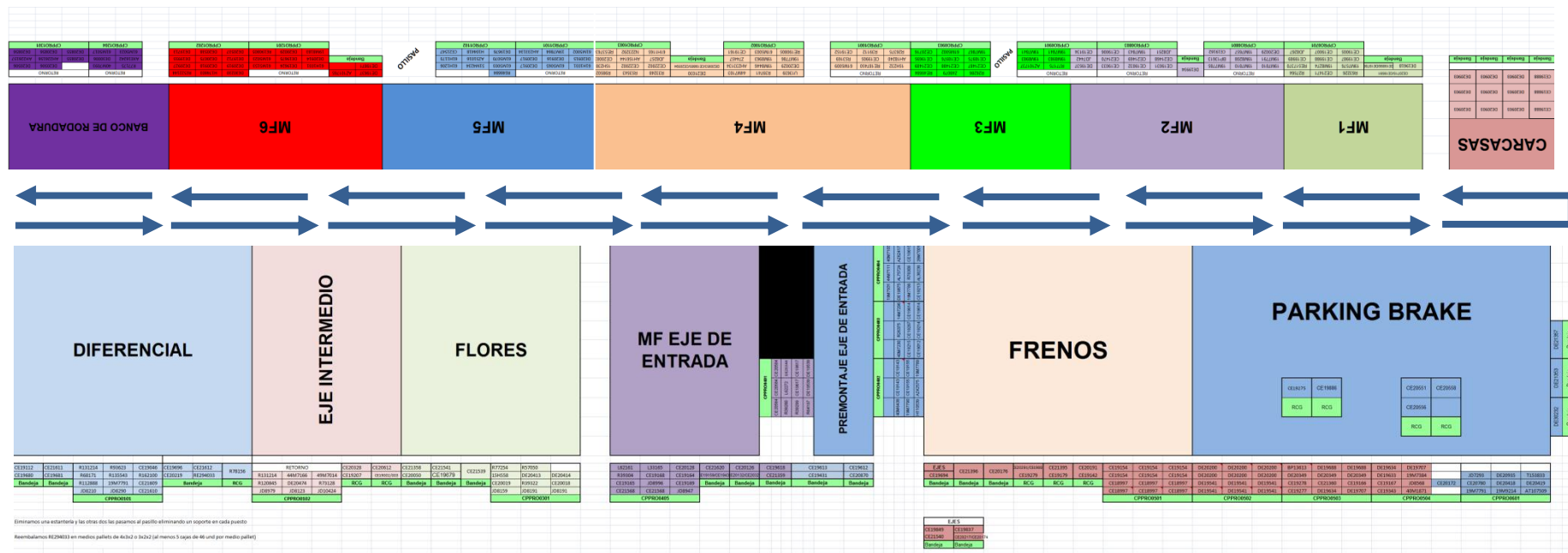


Figura 7.1: Propuesta de distribución del material en la línea según las directrices marcadas.

2.4 RESULTADOS ESPERADOS

El resultado principal de esta propuesta, es la eliminación de dos procesos ineficientes: la reposición de embalajes de manipulación mixta y los intercambios de material por cambio de modelo.

En el primero, hemos convertido un proceso de reposición indirecto, en un proceso de reposición directo, sin aumentar la carga de trabajo del operario de logística ni el número de tarjetas kanban.

En el segundo, hemos eliminado todas las operaciones de set up de la línea, dotándola de más flexibilidad.

REDUCCIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS Y COSTES

En ambos casos, hemos eximido al operario de la línea de realizar cualquier movimiento de material de este tipo. Como consecuencia, se reducen los tiempos improductivos y los costes que estos suponen.

En la siguiente tabla, mostramos el alcance de la mejora:

		Rotación Total Anual	horas Improductivas/año	Ahorro/año	%
Manipulación Mixta	Mecánica	879,02	65,486	1.559,21 €	13,24
	Manual	9693,78	80,781	1.923,37 €	
Set Up		193,2	172,72	4.112,40 €	15,63
TOTAL			318,989 horas	7.594,98 €	28,87 %

Tabla 7.7: Cálculo de la disminución del tiempo Improductivo y el ahorro que supone.

ELIMINAR OPERACIONES DE SET UP

Al eliminar todas las ubicaciones compartidas, no es necesario realizar intercambios de material con ubicación de suelo en el momento que la línea cambia de modelo. De este modo, reducimos a cero los tiempos de set up, dando la posibilidad a planificación de introducir lotes de producción más pequeños sin afectar a la productividad de la línea.

La capacidad de introducir lotes más pequeños, permite ajustar con más precisión la producción a las necesidades del cliente, es decir, obtenemos una línea más flexible.

Cuanto más flexible es la línea, menor es el stock de productos terminados y mayor la capacidad de reacción ante cualquier tipo de imprevisto.

REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE INCIDENCIA Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Considerando que los tiempos de incidencia disminuyen proporcionalmente a los tiempos improductivos, obtenemos los siguientes resultados:

Antes		Después		Reducción horas de incidencia al turno	Aumento de la productividad anual
Horas de incidencia al turno	Cajas no producidas al año	Horas de incidencia al turno	Cajas no producidas al año		
0,33	415,8	0,234	295,758	0,096	120,041 Cajas/año

Tabla 7.8: Reducción de los tiempos de incidencia y la mejora de producción que supone.

Es decir, con la reducción de movimientos de material por parte del operario de la línea, hace que éste permanezca más tiempo en el puesto de trabajo, estimando un aumento de la productividad anual de 120 cajas de transmisión.

REDUCCIÓN DE LA DISTANCIA DEL MATERIAL AL PUNTO DE CONSUMO

Al redistribuir el material de la línea en base al consumo de cada pieza, la distancia al material que el operario usa más se reduce.

Aunque no hemos considerado numéricamente esta distancia, ya que resulta relativamente pequeña en comparación de con la de los movimientos previamente expuestos, su reducción ofrece al operario una mayor comodidad en su manipulación que mejora su eficiencia en el puesto de trabajo.

OTROS RESULTADOS

Además de los resultados ya expuestos que suponen la resolución de los objetivos planteados, la implantación de esta propuesta proporciona otras mejoras:

- ✓ La distribución del material en función del peso dentro de la estantería dinámica, supone una mejora ergonómica del proceso de reposición.
- ✓ Establecimiento de nuevos pasillos de entrada y salida de la Línea.
- ✓ Establecimiento de baldas de retorno de embalajes en las estanterías dinámicas.
- ✓ Reducción del tráfico de carretillas.
- ✓ Mejorar la presencia en el puesto de trabajo
- ✓ Evitar pérdidas de material por movimientos innecesarios.

3. REDISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL DEL RIP

Tras haber eliminado todos aquellos movimientos innecesarios en las propuestas anteriores, en esta propuesta nos encargaremos de minimizar aquellos movimientos que resultan indispensables para el reaprovisionamiento, es decir, los movimientos de reposición de embalajes de manipulación mecánica desde el RIP a la línea de montaje.

Al igual que ocurría en la línea de montaje, cada vez que se implanta un nuevo producto en la línea, se debe asignar ubicaciones de RIP a todas sus referencias de suelo. Hasta este momento, a la hora de asignar ubicaciones simplemente se buscaba la ubicación libre más cercana al punto de consumo. De este modo, referencias con mayor antigüedad y con menor consumo actual, tienen una posición favorecida respecto a referencias nuevas con un consumo actual mucho mayor.

Del mismo modo que ocurre en la línea, al retirar el stock sobrante, el RIP queda sembrado de ubicaciones vacías. Por lo tanto, debemos redistribuir el material de RIP, igual que se hizo con la línea en la propuesta anterior.

Sin embargo, en este caso nos regiremos por un solo criterio: la rotación por bulto de cada referencia

Como explicamos anteriormente, definíamos la rotación por bulto como el número de bultos necesarios de una referencia para cubrir la planificación de producción anual. En el caso de ubicaciones de suelo, es lo mismo que decir, el número de veces que debe desplazarse el operario de montaje al RIP, para reponer la ubicación de la línea.

De este modo, damos preferencia a aquellas referencias que exigen mayor cantidad de reposiciones al año, y por lo tanto, la distancia al punto de consumo será menor a la hora de reponerlas desde el RIP a la línea.

VIII

PLAN DE IMPLANTACIÓN

Tras la presentación de las propuestas de mejora, debemos establecer las acciones necesarias para su implantación en la mini fábrica de cajas pesadas.

Para ello, en este capítulo describiremos cada una de las fases en la que se han dividido su plan de implantación, estableceremos sistemas de control y seguimiento de los resultados, haremos un análisis de necesidades para su implantación, para finalmente, hacer un análisis del coste que supone la implantación, para comprobar si ésta es rentable.

1. IMPLANTACIÓN DE LAS PROPUESTAS

El plan de implantación constará de dos partes bien diferenciadas. La primera parte, será general para las cuatro líneas de montaje y se basará en la asignación de las funciones necesarias para la correcta implantación y desarrollo del proyecto, al personal de los distintos departamentos que intervienen en el mismo. La segunda parte, será la implantación sucesiva de las propuestas línea por línea de forma particular.

1.1 ASIGNACIÓN DE FUNCIONES INTERDEPARTAMENTALES

Forma parte fundamental en este proyecto, que exista un flujo eficiente de información entre el departamento de logística y los distintos departamentos que intervienen en mayor medida en la producción diaria: *planificación, ingeniería de producción y compras tácticas*.

Para ello, a continuación estableceremos las funciones que deberemos asignar a cada uno de ellos, para optimizar la eficiencia de las operaciones interdepartamentales que tengan que ver con el proyecto.

1.1.1 DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Como mencionamos en capítulos anteriores, la reducción o eliminación de stock que pretendemos realizar en este proyecto, implica la imposición de ciertas restricciones a la hora de planificar la producción diaria y semanal, que permiten que las líneas no queden desabastecidas. El departamento de planificación debe adoptar estas restricciones e informar a logística en caso de desvío.

En el caso de modelos de repuestos, que carecerían de stock en fábrica, los departamentos logística y compras tácticas deben ser informados con una semana de antelación a su fecha de entrada en producción. De este modo, se dispone del tiempo necesario para pedir y recibir el material procedente de los distintos proveedores.

1.1.2 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

Los ingenieros de producción se encargan de establecer el proceso de montaje de las cajas de transmisión o realizar cambios en el mismo. La secuencia de las operaciones del proceso supone una información fundamental para logística a la hora de ubicar el material en las líneas. De este modo, todo cambio en las mismas debe ser informado y aprobado por logística con anterioridad, con el fin de tener una visión actualizada de la situación del material en las líneas de montaje.

Además, ingeniería de producción debe actuar como nexo entre logística e ingeniería de producto. Informando de todo cambio de diseño, que suele venir acompañado de cambios de referencia, proveedor, embalaje,... información indispensable para el ejercicio de las funciones de logística.

Por lo tanto, la interacción entre el departamento de logística e ingeniería de producción, va encaminada a tener una visión actualizada de las necesidades de material en la línea de montaje, es decir, a mantener actualizado nuestro estudio logístico.

1.1.3 DEPARTAMENTO DE COMPRAS TÁCTICAS

La labor del departamento de compras tácticas se basa en la gestión de los pedidos de material a corto plazo, así como de la recepción del material de los mismos por el almacén de entrada.

Sus funciones en este proyecto se limitan a informar al departamento de logística de cualquier tipo de cambio relacionado con el material (embalaje, cantidad,...) y con la fecha de entrega de los pedidos.

Por su parte, el departamento de logística debe informar al departamento de compras tácticas de todo cambio realizado en fábrica (ubicación, nivel de stock,...), relacionado con este tipo de material.

1.2 IMPLANTACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS EN LAS LÍNEAS

Tras establecer las funciones de cada uno de los departamentos cuyas responsabilidades afectan a la correcta implantación del proyecto, podemos empezar a implantar cada una de nuestras propuestas línea por línea.

La implantación se realizará por líneas, según su disposición en la mini fábrica, es decir, empezando por la línea *Prodrive*, luego *3SP*, *5SP* y finalmente *Main PTO*. De este modo, las ubicaciones de RIP liberadas por la implantación del proyecto en una línea, nos servirán, en caso de que fuese necesario, para ubicar material de la línea contigua.

A continuación, desarrollaremos las fases de implantación de cada una de las propuestas, que aplicaremos secuencialmente en cada una de las líneas de montaje de la mini fábrica de cajas pesadas.

FASE 1: INFORMAR DE LOS CAMBIOS A LOS OPERARIOS

Antes de realizar ningún cambio físico en la línea de montaje, debemos informar a los operarios sobre los cambios que vamos a realizar y tener en cuenta su opinión a lo largo de la implantación del proyecto. Los operarios conocen la línea mejor que nadie y todas sus propuestas facilitarán la correcta implantación del proyecto.

Para ello, debe convocarse previamente a los operarios de línea a una reunión informativa donde puedan exponer su punto de vista y sus propuestas de mejora.

FASE 2: COMUNICAR LOS CAMBIOS DE EMBALAJE A LOS PROVEEDORES

Para aquellas referencias que pasan a utilizar el nuevo embalaje de media bandeja, es necesario presentar a los proveedores la propuesta de cambio.

Las características de este nuevo embalaje, no suponen cambios en los acuerdos de lotes, fechas,... ya establecidos con los proveedores. Por lo que tras la

aprobación de la propuesta, se les envían los embalajes para que empiecen a suministrar el material según los nuevos criterios.

El material que este en curso o se encuentre ya en el almacén de entrada, será reembalado por John Deere, para que se amolde a su nueva ubicación en la línea.

FASE 3: RETIRADA DE STOCK DE REPUESTOS

Basándonos en el estudio logístico realizado, debemos retirar el exceso de stock de los modelos de repuestos de la línea de montaje y del RIP. Este material será devuelto al almacén de entrada y almacenado hasta que sea solicitado.

Como dijimos anteriormente, la retirada del exceso de stock, supondrá un aspecto clave para la implantación del resto de nuestras propuestas.

FASE 3: REDISTRIBUIR MATERIAL DE LA LÍNEA DE MONTAJE

Puesto por puesto, debemos reubicar el material de estantería dinámica y de suelo utilizando el espacio liberado, según el plano elaborado, y más tarde corregido por los operarios de la línea.

Debido a que la cantidad de referencias de la línea es muy grande, la redistribución física se hará en dos fases. Primero se aplicaran los cambios a los puestos de pre montajes y después al montaje final.

Para evitar que la línea pare en la implantación de esta fase, los cambios se realizarán cuando exista algún tipo de incidencia que no permita el funcionamiento normal de la línea (falta de material, averías,...).

FASE 5: REESTRUCTURAR EL RIP SEGÚN CRITERIOS DE ROTACIÓN

Tras haber establecido sobre plano la ubicación de los bultos de RIP, debemos reestructurar las estanterías en función de las alturas de los embalajes. Para ello, modificaremos la altura de cada balda de la estantería siendo esta igual, a

la máxima altura de los bultos ubicados en la balda inferior, más 20 cm que permitan maniobrar con la carretilla elevadora.

En el anexo II disponemos de las alturas de cada tipo de embalaje, que nos permite calcular la altura de cada una de las baldas de las estanterías de RIP.

FASE 6: IDENTIFICACIÓN DE UBICACIONES Y MOVIMIENTO DE MATERIAL

Una vez reestructurado las estanterías de RIP en función de las dimensiones de los embalajes, debemos identificar claramente la ubicación de cada referencia. Para ello, utilizamos pegatinas con la referencia que corresponde a cada ubicación, y flechas que señalen a la misma.

Tras tener todas las ubicaciones con las dimensiones adecuadas y bien identificadas, procedemos al traslado del material a su nueva ubicación.

2. SISTEMAS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

Una vez implantado el proyecto en todas las líneas de montaje, debemos establecer los sistemas de seguimiento y control necesarios, que nos permitan:

- ✓ Comprobar que el flujo de información interdepartamental permanece constante en el tiempo y que cada uno de los departamentos cumple las funciones que se le ha asignado.
- ✓ Acreditar la correcta actuación de los operarios de la línea en el aprovisionamiento de su puesto de montaje.
- ✓ Localizar desvíos dentro del proceso establecido.
- ✓ Descubrir puntos de mejora tras la implantación
- ✓ Confirmar los resultados esperados.

SEGUIMIENTO DE INDICADORES DE MEJORA

Debemos establecer un estrecho seguimiento de todo factor, tanto cuantitativo como cualitativo, que se vea afectado por la implantación de nuestro proyecto. Estos factores, serán los indicadores que nos reportarán información sobre la repercusión de nuestro proyecto y la confirmación del cumplimiento de los objetivos del mismo.

Entre ellos, podemos destacar:

- ✓ Tiempo de incidencia por movimiento de material
- ✓ Incidencias por pérdida de material
- ✓ Líneas paradas por falta de material
- ✓ Informe de tarjetas pérdidas
- ✓ Retirada de material obsoleto

Toda la información sobre estos indicadores, es recogida y almacenada, y está a disposición del departamento de logística.

REUNIÓN DIARIA DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Diariamente, los departamentos de planificación, producción y compras tácticas, se reúnen para establecer el plan de producción diario en función de la producción del día anterior, necesidades de producción semanal, problemas u averías en las líneas de montaje, retrasos en pedidos de material, etc....

A partir de la implantación del proyecto, el departamento de logística intervendrá en el desarrollo de estas reuniones, confirmando el cumplimiento de las restricciones de planificación y obteniendo información directa de la planificación, que hasta este momento no afectaba a sus funciones.

REUNIONES DE MEJORA CONTINUA

John Deere Ibérica, en su esfuerzo constante por la mejora continua de sus procesos productivos, establece semanalmente reuniones de seguimiento de este tipo de proyectos con los operarios de cada línea de montaje.

Este proyecto será incluido en el orden de esta reunión, con la intención de analizar la repercusión del proyecto en la actuación de los operarios, analizar los resultados obtenidos en los indicadores de mejora, establecer mejoras a propuesta de los operarios tras la implantación y corregir desvíos que hayan podido acontecer.

Estas reuniones, además de ser un sistema de control de la actuación del operario muy útil, hace al operario participe de la mejora, de modo que la colaboración de este es mayor.

3. ANÁLISIS DE NECESIDADES Y COSTES DE IMPLANTACIÓN

Aunque este proyecto exige un intenso trabajo de recopilación de información y análisis, una de sus principales ventajas es que no se requieren grandes recursos para implantarlo, y por lo tanto, sus costes económicos son prácticamente nulos.

En este punto, trataremos de determinar los recursos necesarios para su implantación, así como su coste.

1.1 ANÁLISIS DE NECESIDADES

Los recursos necesarios para la implantación del proyecto, se limitan a la asignación exclusiva de personal de logística, para movimiento de material y recolocación de las baldas de RIP, y los medios necesarios para ello.

Considerando la asignación de un único operario, en la siguiente tabla hacemos una predicción del número de turnos que deberíamos disponer de esta persona, y de los medios mecánicos necesarios para implantar cada una de las fases del plan en cada línea de montaje.

Fases de Implantación	Medios mecánicos	Turnos por línea	Turnos Totales (4 Líneas)
Fase 1	-	0	0
Fase 2	-	0	0
Fase 3	Carretilla elevadora	1	4
Fase 4	Carretilla elevadora	2	8
Fase 5	Carretilla elevadora	1	4
Fase 6	Plataforma elevadora	2	8
Fase 7	Carretilla elevadora	1	4
Total	-	7	28

Tabla 8.1: Análisis de necesidades de personal y maquinaria.

Por lo tanto, deberíamos disponer de un operario de logística durante 28 turnos, una carretilla elevadora durante 20 turnos y una plataforma elevadora durante 8 turnos.

En el caso de disponer de más de un operario, reduciríamos los tiempos de implantación, aunque los medios mecánicos necesarios no variarían.

1.2 ANÁLISIS DE COSTES-BENEFICIO

El coste que supone la implantación de este proyecto en una sola línea, se limita al coste del personal del que debemos disponer para el movimiento de material, durante el tiempo estipulado en el apartado anterior.

Para la realización de este tipo de operaciones, la empresa dispone de carretilleros cuyas funciones se limitan al movimiento de material. Su nivel salarial está por debajo del de los operarios de la línea de montaje, rondando los 30.000 € al año.

Teniendo en cuenta los turnos de los que vamos a disponer de un operario estimados en el apartado anterior, y el salario anual, estimamos:

Salario Anual	Bruto	Salario Bruto al Turno	Nº de Turnos	Coste de Personal
30.000,00 €		142,86 €	7	1.000,00 €

Tabla 8.2: Cálculo de coste del personal necesario.

Si además incluimos es coste que ha supuesto para la empresa el salario propio, con contrato de estudiante durante los 5 meses en los que se ha elaborado el proyecto, **el coste total del proyecto asciende a 4.000 €.**

Teniendo en cuenta que el ahorro que supone implantar el proyecto en una línea, asciende al 7.595 € al año, **la inversión necesaria se vería amortizada en menos de un año.**

IX

CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

Como capítulo final al trabajo desempeñado a lo largo de este proyecto de fin de carrera, podemos extraer algunas conclusiones y citar algunas ideas sobre futuros desarrollos que han surgido a raíz del estudio realizado y los conocimientos adquiridos en el proyecto que nos ocupa.

1. CONCLUSIONES

Con la implantación de este proyecto, hemos reducido un 28,78 % los tiempos improductivos que los operarios de línea destinan a operaciones de movimiento de material, causados por procesos de aprovisionamiento ineficientes, que tienen su origen en el exceso de stock existente en la línea de montaje.

Con ello, hemos aumentado la productividad y flexibilidad de la línea, generando un ahorro anual de 7.595 €.

Este proyecto surge de la necesidad de solucionar a posteriori, las ineficiencias generadas por una gestión rígida y funcional de un de un proceso condicionado por un entorno dinámico y cambiante.

Por lo tanto, este proyecto debe tener como objetivo final, sentar las bases de un nuevo modelo de gestión de la logística interna más flexible y participativa, que permita amoldarse al entorno en el que se encuentra, para que este problema no vuelva a repetirse.

De este modo, exponemos las siguientes conclusiones, que deben servir como directrices que nos encaminen al nuevo modelo de gestión:

- ✓ El stock en fábrica no es un parámetro rígido, debe vincularse al volumen de producción y modificarse en el caso de que éste cambie.
- ✓ Uno de los objetivos del sistema *Kanban*, es la reducción del stock en fábrica. En el momento que las restricciones que implica este sistema, suponen un exceso de stock, el sistema no es válido.
- ✓ La distribución del material en las líneas, debe adaptarse a los cambios del proceso productivo y a los volúmenes de producción de cada modelo.
- ✓ Un estudio logístico actualizado, nos aporta información fiable y con un formato visual, que nos permite conocer en todo momento el estado del material de la línea y las repercusiones que supone realizar modificaciones.

- ✓ El departamento de logística interna, debe integrarse con el resto de departamentos, recibiendo información de primera mano e involucrándose en las decisiones que le repercutan.

2. FUTUROS DESARROLLOS

Atendiendo al carácter cíclico del proceso de mejora continua, el rédito que nos deja la realización del proyecto en nuestro "saber hacer" (*know-how*), son los cimientos de futuros proyectos de mejora.

De esta manera, debemos responder a las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué hemos aprendido?
- ✓ ¿Dónde más podemos aplicarlo?
- ✓ ¿Cómo lo extendemos a otros casos o áreas?

En respuesta a estas preguntas, se nos plantean nuevas ideas para el futuro:

EXTENDER ESTE PROYECTO AL RESTO DE LAS MINI FÁBRICAS

Recordamos que John Deere Ibérica consta de tres mini fábricas más, aparte de la mini fábrica de cajas pesadas objeto de nuestro estudio. El sistema de aprovisionamiento que rige en cada una de ellas es exactamente el mismo, aunque sus procesos productivos difieren en ciertos aspectos.

Por lo tanto, debemos proponer la extensión de este proyecto al resto de las mini fábricas, amoldándolo a los procesos de cada una de ellas.

REDISEÑO DEL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO

Este proyecto, ha supuesto una reducción aproximada del 30 % de los tiempos improductivos por movimientos de material eliminando las ineficiencias del proceso. El 70 % restante, tiene su origen en la dificultad que supone para el departamento de logística, encargado de realizar los movimientos de material,

conocer el momento en el que surge la necesidad en la línea de montaje, para reponer el material ubicado en el RIP o en la mini fábrica de ejes y engranajes. Por lo tanto, nuestros esfuerzos deben ir encaminados a establecer un sistema que nos proporcione esta información en tiempo real.

Para resolver este problema, debemos subir un escalón, rediseñando el proceso de aprovisionamiento interno de la mini fábrica, incorporando tecnologías de información en el proceso.

A través de las tecnologías de la información, podremos trasladar las necesidades de la línea a los operarios de logística, eliminando las operaciones de movimiento de material realizadas por el operario de la línea de montaje y reduciendo el tiempo improductivo a cero.

BIBLIOGRAFÍA

Web corporativa John Deere Ibérica S.A. www.johndeere.es (Actualizado en 2010)

Web corporativa John Deere Worldwide. www.johndeere.com (Actualizado en 2010)

Deere & Company Annual Report 2011

<http://www.pdca.es>. Accedido en septiembre de 2011.

http://www.grupokaizen.com/Implementacion_del_Kaizen_Kanban. Accedido en octubre de 2012.

Mike Rother y John Shook: "Observar la cadena de valor" (Versión 1.2 de 1999)

Carrasco, J. & Gonzalez J.A, 2001. "Problemas de capacidad o dimensionamiento del sistema productivo"

Javier S & Richard A. W. 2010. "Mejorando la producción con el lean thinking"

ANEXO I:

LA COMPAÑÍA JOHN DEERE

1. LA HISTORIA DE JOHN DEERE

John Deere fue un herrero norteamericano que en el año 1836 decidió emigrar al oeste de Estados Unidos, que por aquel entonces estaba siendo colonizado. Tras establecer su forja en Gran Detour (Illinois), comprobó que la conquista de nuevas tierras estaba resultando mucho más difícil de lo esperado: los suelos fértiles y arcillosos de las praderas norteamericanas se adherían constantemente a los tradicionales arados de hierro fundido, obligando al agricultor a limpiar el arado cada pocos pasos y haciendo casi imposible realizar las labores agrícolas básicas.



Figura 10.1: John Deere

John Deere no se quedó al margen de este problema. Desde su forja experimentó con distintas formas y materiales en busca de un arado cuya superficie no quedara embotada cada pocos pasos. Un día del año 1837 decidió probar con un nuevo material. La hoja de una vieja sierra le proporcionó el acero necesario para fabricar un cuerpo de arado ligero y extremadamente pulido y, tal y como John Deere pensaba, la prueba del nuevo apero fue definitiva: el suelo resbalaba perfectamente sobre la superficie del arado sin producir atascos. John Deere había fabricado el primer arado auto-limpiable, que hizo posible el cultivo en las fértiles praderas de Norteamérica. De esta manera fue fundada la compañía John Deere, en 1837.

Pocos años después de su invento John Deere ya atendía más de 1.000 pedidos de arados al año en su primera factoría de Moline (Illinois), importaba de Inglaterra acero de calidad para sus arados, y su nombre era asociado con aperos de la máxima calidad y de altísima productividad.



Figura 10.2: Retrato de antiguas factorías John Deere

EL CLIENTE, EL DESARROLLO Y LA CALIDAD: UN OBJETIVO CONSTANTE

John Deere fue un hombre de negocios ejemplar con una visión industrial claramente adelantada a su época. Así lo demuestra su perseverancia en el desarrollo de nuevos productos, su esfuerzo por satisfacer las necesidades de los clientes y su continua búsqueda del máximo nivel de calidad. Estos tres principios empezaron a aplicarse de forma generalizada en el mundo occidental un siglo más tarde y aún hoy, 173 años después, mantienen su vigencia.

Estos tres pilares han sido la base firme sobre la que se gestó el desarrollo de Deere & Company en sus más de 170 años de historia y hoy en día siguen constituyendo el objetivo de su filosofía empresarial.

Actualmente la compañía continúa guiándose, como lo había estado desde sus inicios, a través de los valores principales ya expuestos por su fundador: integridad, calidad, compromiso e innovación. Se usa como referente de calidad la siguiente frase, a la vista de todos los trabajadores en cada una de las fábricas y centros de operaciones John Deere:

“Jamás pondré mi nombre en un producto que no posea en sí lo mejor que hay en mí”

(John Deere, 1837)

DEL ARADO DE 1837 A LOS SATÉLITES DEL SIGLO XXI.

En 1846 John Deere cambia su ciudad de residencia a Moline (Illinois) para facilitar el transporte fluvial del acero laminado que desde 1843 importaba desde Inglaterra. Desde entonces hasta hoy la sede central de la compañía se encuentra en dicha ciudad.

Hasta 1914 la compañía fue ampliando progresivamente sus líneas de productos llegando a cubrir una amplia variedad de aperos para la agricultura. En dicho año Deere & Company lanza su primer tractor, el *Waterloo Boy*, que montaba un motor de la compañía *Waterloo Gasoline Traction Engine Company*. Dicha compañía fue adquirida por Deere & Company en el año 1918, y supuso el inicio de las actividades de fabricación de motores John Deere. Desde aquel momento los tractores y los motores John Deere han sido dos de los productos más emblemáticos de la compañía.



Figura 10.3: Evolución del logotipo John Deere desde 1876 hasta el año 2000.

La diversificación de actividades siguió siendo en el Siglo XX un factor determinante. En 1920 se empieza la comercialización de equipos ligeros de obras públicas, que llevaron en 1958 a la creación de la división industrial de Deere & Company. En dicho año se crea también *John Deere Credit*, la división de la compañía destinada a financiar la adquisición de equipos por parte de los clientes. La línea amarilla, como se conoce a la división de equipos industriales, crecería más adelante con los equipos de explotaciones forestales, sector en el que John Deere hoy destaca como líder mundial.

Las operaciones de Deere & Company, que hasta los años 50 habían estado concentradas en el territorio norteamericano, experimentan un tremendo crecimiento cuando la compañía decide abrir mercados hacia Europa y Sudamérica. En 1956 se crea la división de actividades de ultramar y, con la adquisición de las fábricas y otras instalaciones de la marca Lanz, se inician las actividades en el continente europeo. Al mismo tiempo se extienden las

actividades hacia el sur creando la fábrica de John Deere en Monterrey (Méjico). En 1959 se inician las actividades en el continente australiano. Esta acertada política de expansión condujo a John Deere a convertirse en el mayor fabricante mundial de maquinaria agrícola, condición que ha mantenido con orgullo desde entonces.

En el año 1963 se inicia la actividad en el mercado de equipos para el cuidado de parques y jardines, y en el año 1987 se empiezan a comercializar equipos para campos de golf, actividad en la que, tras muy pocos años de funcionamiento, John Deere se coloca como líder del mercado.

En la última década del Siglo XX, la actividad de John Deere ha mantenido su imparable ritmo de crecimiento. Se ha creado una división de nuevas tecnologías encaminada a diseñar y desarrollar soluciones que permitan a sus clientes aprovechar al máximo herramientas de última generación como internet o el posicionamiento global por satélites (GPS). El trabajo de este grupo, ha permitido a John Deere tener en funcionamiento más de 200 aplicaciones en internet para sus



Figura 2.5: Sistemas de posicionamiento GPS

empleados, concesionarios, proveedores y clientes, y disponer de uno de los sistemas más avanzados de agricultura de precisión apoyada en la localización vía satélite.

Por otro lado, la expansión geográfica de la empresa tampoco se ha frenado, y la apertura de nuevas fábricas en la India y Turquía, y la expansión hacia países con un alto potencial de crecimiento como China, son prueba de ello.

2. DEERE & COMPANY

Tal y como se ha indicado antes, John Deere es líder mundial en el suministro de productos y servicios avanzados para la agricultura e industria forestal, así como uno de los proveedores más importantes de productos y servicios avanzados para la construcción, campos de golf y jardinería, paisajismo y sistemas de riego. Además, es uno de los líderes mundiales en la fabricación de motores diesel para uso fuera de la carretera y una de las mayores compañías de financiación de equipos de los Estados Unidos. También es un importante inversor en fuentes de energías alternativas.

Actualmente Deere & Company (comúnmente John Deere) se encuentra presente en todo el mundo y proporciona empleo directo a 56.000 personas aproximadamente, y dispone de una red de más de 60 fábricas y centros de producción, y más de 5.000 concesionarios para dar servicio a sus clientes. Las acciones de Deere & Company cotizan regularmente en los mercados de Nueva York, Chicago y Frankfurt.



Para mantener el compromiso de ofrecer a sus clientes las máquinas más avanzadas y productivas del mercado, la compañía dedica una parte muy importante de sus ingresos a la investigación y el desarrollo de nuevos

productos. Concretamente, la inversión en 2008 fue del 8,1% de las ventas de equipos.

John Deere se divide en tres grandes unidades de negocio: división agrícola y espacios verdes, división de construcción y forestal, y división crédito. Las unidades de negocio o divisiones, junto con las operaciones de apoyo de piezas y sistemas de energía, se centran en ayudar a los clientes a ser más productivos ya que a su vez éstos ayudan a mejorar la calidad de vida de personas en todo el mundo. Los productos de la empresa y servicios son principalmente comercializados a través de la red de distribuidores de John Deere.

- **División Agrícola y Espacios Verdes:** John Deere es el mayor fabricante mundial de equipo agrícola. Ofrece productos y servicios para la agricultura como tractores, cosechadoras, empacadoras, sembradoras, segadoras, sistemas de riego, sistemas de autoguiado de vehículos vía satélite... La compañía también produce y comercializa la línea más amplia de América del Norte de maquinaria para mantenimiento de áreas verdes y campos de golf, productos para viveros, cortadora de césped...
- **División Construcción y Forestal:** La empresa es fabricante líder en el mundo de maquinaria forestal. También es un importante fabricante de maquinaria para la construcción y obras públicas.
- **División Crédito:** *John Deere Credit* es uno de los equipos de las compañías financieras más grandes en los EE.UU. con más de 2,4 millones de cuentas y una cartera gestionada de casi 23 billones de dólares (EE.UU.). Además de la venta al por mayor, la venta al por menor y proporcionar financiación leasing con el objeto de ayudar a facilitar la venta de equipos agrícolas, forestales, de construcción, comerciales y de consumo, *John Deere Credit* también ofrece créditos renovables, créditos de gestión a los agricultores, seguros agrícolas, y la financiación de la deuda para energía eólica. En la actualidad, *John Deere Credit* cuenta con aproximadamente 1.900 empleados en todo el mundo y tiene operaciones en 19 países.

En el año 2008, las ventas netas se distribuyeron entre divisiones como se puede apreciar en la figura 2.4:

DISTRIBUCIÓN DE VENTAS SEGÚN DIVISIONES (2008)

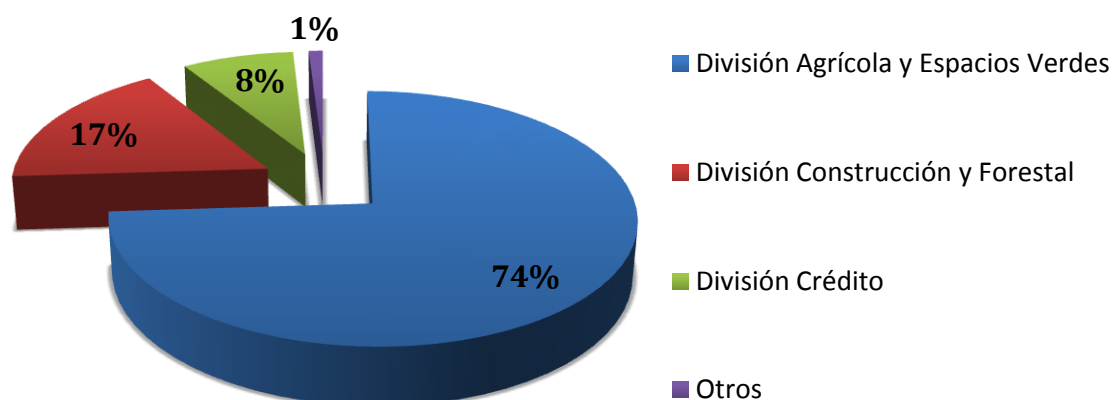


Figura 10.4: Distribución de Ventas según las Unidades de Negocio (2008)

Del gráfico se puede concluir que la mayor parte de las ventas, y por tanto de los ingresos que tiene John Deere, son debidas a su división de Agricultura y Espacios Verdes. El total de los ingresos del año 2008 ascendió a 28.438 millones de dólares, obteniendo un beneficio neto de 2.053 millones de dólares. De los 28.000 millones de dólares, aproximadamente 9.000 millones pertenecieron a EEUU y Canadá, y 19.000 millones al resto del mundo.

Desde el año 2004, los dividendos se han duplicado. En el período 2004 – 2008 se han logrado cinco años consecutivos de beneficios record. Además, en 2008 se consiguió un retorno de 2.100 millones de dólares a accionistas por recompra de acciones y dividendos.

3. SITUACIÓN ECONÓMICA DE JOHN DEERE

En este apartado trataremos de dar unas ligeras pinceladas sobre la situación económica de la compañía John Deere, tomando como referencia su último año fiscal, el 2009. Al mismo tiempo haremos una ligera comparación con los dos años anteriores, es decir, el 2008 y el 2007.

El año 2009 será recordado como un año de importantes logros para John Deere. Frente a la peor recesión económica en años y la disminución porcentual de las ventas más pronunciada en más de 50 años, la empresa mantuvo una rentabilidad sólida y fortaleció su posición financiera y su liquidez.

La compañía se esforzó en desarrollar productos nuevos y avanzados al mercado y presentar el poder y el valor de la marca John Deere a una creciente audiencia global. Asimismo, la empresa hizo mayores progresos en la administración de activos y continuó encontrando maneras de operar con mayor eficiencia y eficacia.

Deere también avanzó con importantes inversiones dirigidas a ampliar la presencia en el proceso de fabricación y la línea comercial. Como consecuencia, la empresa está preparada para aprovechar cualquier cambio positivo futuro en los mercados y, a más largo plazo, para beneficiarse de tendencias macroeconómicas que ofrezcan promesas significativas para el futuro.

En el año fiscal 2009, Deere informó un ingreso neto de \$873 millones en ventas totales netas, con ingresos de \$23.100 millones. Las ganancias incluyeron aproximadamente \$330 millones en cargos después de haber descontado los impuestos por un programa de desvinculaciones voluntarias de empleados y depreciación del valor llave. En total, el ingreso neto disminuyó un 57% sobre una reducción del 19% en ventas e ingresos. Los resultados más bajos nunca se consideran buenas noticias. No obstante, a pesar de las difíciles condiciones comerciales, el total de ganancias registrado por John Deere para el año fue el octavo más alto. Ese es un tributo a su progreso en relación con el desarrollo de una estructura de activos y costos más flexible, que lograron mientras permanecían plenamente centrados en ayudar a los clientes a aumentar su propia rentabilidad y productividad.

Ingreso Neto (millones)

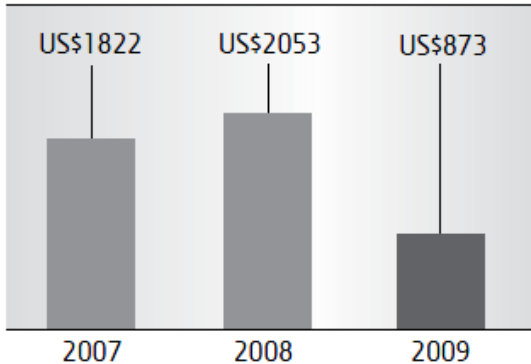


Figura 10.5: Ingreso Neto

Ventas netas y ganancias (millones)

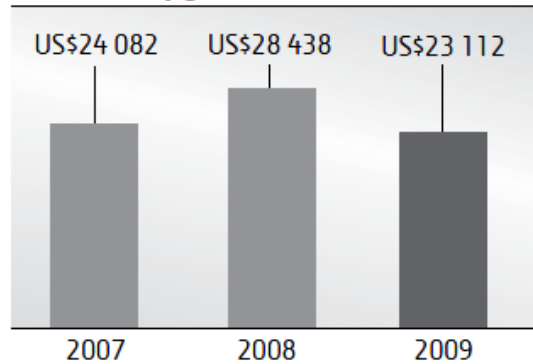


Figura 10.6: Ventas Netas y Ganancias

Ganancia Operativa (millones)

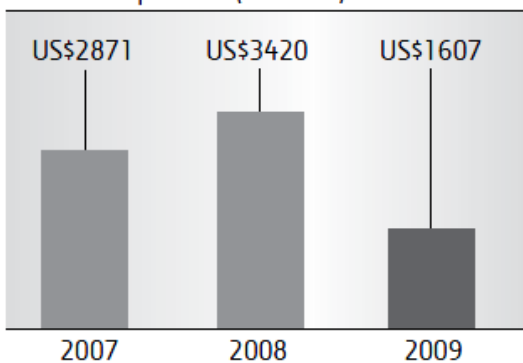


Figura 10.7: Ganancia Operativa

La empresa volvió a generar un sólido flujo de caja, con efectivo neto proveniente de actividades operativas que totalizaron aproximadamente \$2.000 millones en toda la empresa. Eso fue más que suficiente para financiar un nivel saludable de proyectos de inversión y pagar a los accionistas una cifra récord en dividendos.

El rendimiento de Deere en los años recientes refleja, en gran parte, el éxito para lograr más ganancias con niveles más bajos de activos. Desde hace un tiempo, han ido desarrollando un modelo de activos y costos que aspira a que todos nuestros negocios ganen su costo de capital y que, de esa manera, ofrezcan SVA (Valor Agregado para los Accionistas), incluso en los peores mercados. En 2009, las operaciones de equipos informaron un SVA ligeramente positivo a pesar de las condiciones sumamente difíciles de la construcción, el área forestal, el cuidado de campos y ciertos tipos de maquinarias agrícolas.

Si bien los resultados fueron más bajos, la recientemente creada división Agriculture and Turf (División Agrícola y Espacios Verdes, A&T) ofreció un buen rendimiento en el entorno de una economía difícil, principalmente, gracias a la solidez de las ventas de equipos grandes en Estados Unidos y Canadá. A&T informó una ganancia operativa de \$1400 millones y un SVA de \$441 millones; al mismo tiempo, se logró una eficaz administración de los activos y una excelente prestación de servicio al cliente.

AGRICULTURE & TURF - SVA (MM)

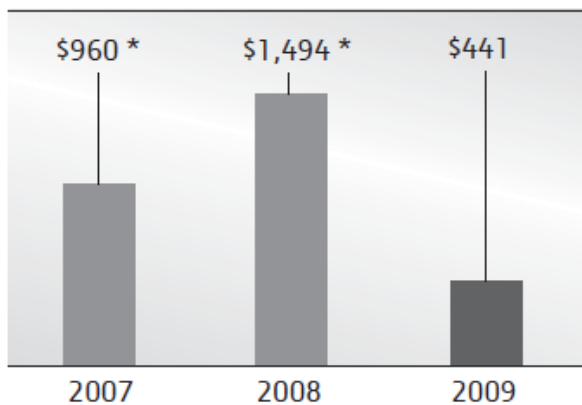


Figura 10.8: Agricultura y Espacios Verdes – SVA

CONSTRUCTION & FORESTRY - SVA (MM)

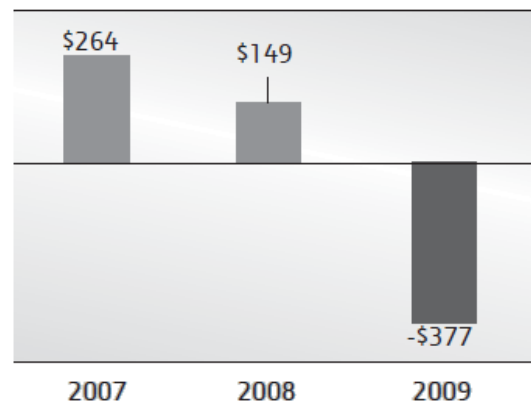


Figura 10.9: Construcción y forestal - SVA

Otras divisiones de la empresa, como Construction and Forestry (División Construcción y Forestal, C&F), presentaron una pérdida operativa para el año. No obstante, los resultados de esta división fueron realmente asombrosos si tenemos en cuenta el empeoramiento sin precedentes en los mercados relacionados con ella. C&F presentó productos nuevos y avanzados, se extendió hacia nuevos lugares y ganó participación en el mercado en categorías clave.

4. JOHN DEERE, RECONOCIMIENTO PÚBLICO

Entre algunos de los reconocimientos en el mundo empresarial que John Deere ha tenido en los últimos años destacan:

- 2009: Clasificada entre las 50 compañías más admiradas en el mundo en un estudio publicado por la revista *Fortune*.
- 2009: Reconocida como una de las mejores empresas empleadoras por los lectores de la revista *Minority Engineer* y *The Black Collegian*.
- 2009: Clasificada segunda en la lista “*Los 50 mejores empleadores*” por los lectores de la revista *Careers & The Disable*.
- 2008: Clasificada como la empresa más admirada en la categoría de Equipos Industriales y Agrícolas por la revista *Fortune*.
- 2008: Se incluye el Presidente y Consejero Delegado Robert Lane en la lista de Barron, “*The World’s Best CEOs*” (Los Mejores Consejeros Delegados del Mundo).
- 2008: Clasificada en 4º puesto en la lista de la revista *CRO* “*100 Best Corporate Citizens*” (100 Mejores Ciudadanos Corporativos).
- 2008: Elegida otra vez por la revista *Ethisphere Magazine* para su segunda lista anual de “*Las 100 Empresas Más Éticas del Mundo*”.
- 2007: Robert Lane figura en la lista de los 20 mejores líderes, elegidos por la revista *Business Week* y sus lectores.
- 2007: Robert Lane recibe el Galardón Chicago United Bridge, por su labor a favor de la diversidad multirracial en la dirección corporativa.

ANEXO II:

EMBALAJES JOHN DEERE IBÉRICA

Embalaje	Dimensiones (mm)			Peso Max.	Tipo Ubicación	Descripción
	Longitud	Anchura	Altura			
Returnable plastic bin RCA05	305	191	200	15 kg	Estantería Dinámica	Retornable
Returnable plastic bin RCB09	381	305	300	15 kg	Estantería Dinámica	Retornable
Returnable plastic bin RCB05	381	305	200	15 kg	Estantería Dinámica	Retornable
Carton packacking dimensions 300*200*200	300	200	200	15 kg	Estantería Dinámica	Desechable
Carton packacking dimensions 400*300*500	400	300	500	15 kg	Estantería Dinámica	Desechable
Europool, height 975	1200	800	975	750 kg	Ubicación de Suelo	Retornable
Half european pallet + carton packaging , height 500	800	600	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Half european pallet + carton packaging , height 1000	800	600	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
European pallet + carton packacking, height 500	1200	800	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
European pallet + carton packacking, height 1000	1200	800	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
European pallet + small carton packacking, height 500	1200	800	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable

Embalaje	Dimensiones (mm)			Peso Max.	Tipo Ubicación	Descripción
	Longitud	Anchura	Altura			
European pallet + small carton packacking, height 900	1200	800	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
European pallet+ Bines height 500	1200	800	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
European pallet + Bines height 1000	1200	800	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Wooden box, con base European pallet, height 500	1200	800	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Wooden box, con base European pallet, height 1000	1200	800	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Small wooden box, Half european pallet, height 500	800	600	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Small wooden box, Half european pallet, height 1000	800	600	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
European pallet, height 500	1200	800	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
European pallett, height 1000	1200	800	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Half European pallet , height 500	800	600	500	750 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Half European pallet, height 1000	800	600	900	750 kg	Ubicación de Suelo	Desechable

Embalaje	Dimensiones (mm)			Peso Max.	Tipo Ubicación	Descripción
	Longitud	Anchura	Altura			
American pallet + carton packacking, height 500	1200	1000	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
American pallet + carton packacking, height 1000	1200	1000	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
American pallet + Small carton packacking, height 500	1200	1000	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
American pallet + small carton packacking, height 1000	1200	1000	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Wooden box, con base American pallet, height 500	1200	1000	500	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Wooden box, con base American pallet, height 1000	1200	1000	900	900 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
American pallet , height 500	1200	1000	500	750 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
American pallet , height 1000	1200	1000	900	750 kg	Ubicación de Suelo	Desechable
Bandeja galvanizada	1200	800	700	900 kg	Ubicación de Suelo	Retornable
Returnable plastic container RCG34	813	762	864	680 kg	Ubicación de Suelo	Retornable
Returnable plastic container RCK34	1219	1143	864	680 kg	Ubicación de Suelo	Retornable

Embalaje	Dimensiones			Peso Max.	Tipo Ubicación	Descripción
	Longitud	Anchura	Altura			
Returnable plastic container RCG25	813	762	635	680 kg	Ubicación de Suelo	Retornable
Returnable plastic container RCG34+ Bines	813	762	864	900 kg	Ubicación de Suelo	Retornable
Returnable plastic container RCK34 +Bines	1219	1143	864	680 kg	Ubicación de Suelo	Retornable